

# 船舶事故調査報告書

船種船名 貨物船 MING GUANG

IMO番号 8513546

総トン数 1,915トン

事故種類 沈没

発生日時 平成26年12月26日 06時05分ごろ

発生場所 青森県あじがさわ鱒ヶ沢町鱒ヶ沢港北西方沖

鱒ヶ沢港北防波堤灯台から真方位318° 8.3海里付近

(概位 北緯40° 53.3′ 東経140° 05.4′)

平成28年8月4日

運輸安全委員会(海事部会)議決

委員長 中橋和博

委員 庄司邦昭(部会長)

委員 小須田敏

委員 石川敏行

委員 根本美奈

## 要旨

### <概要>

貨物船MING GUANGは、船長ほか9人が乗り組み、大韓民国クワンヤン光陽港に向けて西南西進中、船内に浸水し、平成26年12月26日06時05分ごろ、青森県あじがさわ鱒ヶ沢町鱒ヶ沢港北西方沖において沈没した。

乗組員10人は、全員救助されたが、3人が死亡した。

### <原因>

本事故は、夜間、MING GUANGが、津軽海峡西方沖において、右舷船首方から波を受けて航行中、波の打ち込みにより‘上甲板上のハッチカバー、通風機、空気抜き管などの破口、マンホールの蓋及び出入口の隙間等’(上甲板上の破口等)から船体右舷

側のCO<sub>2</sub>ルーム、バラストタンク等に浸水したため、右舷傾斜が生じて上甲板の右舷側が没水した状態になったことによりハッチカバー、出入口等から船体内部への浸水量が増加するとともに、風浪を受けて復原力を喪失して横転し、更に浸水量が増加して沈没したことにより発生したものと考えられる。

MING GUANGが波の打ち込みにより上甲板上の破口等から船体右舷側のCO<sub>2</sub>ルーム、バラストタンク等に浸水したのは、上甲板上のハッチカバー、出入口等の風雨密が保持されていなかったことによるものと考えられる。

MING GUANGが上甲板上のハッチカバー、出入口等の風雨密が保持されていなかったのは、MING GUANG乗組員が、定期的に上甲板上の破口等の点検を行うなど風雨密保持の確認を行っていなかったことによるものと考えられる。

#### <勧告等>

##### ○ 安全勧告

本事故は、MING GUANGが、右舷船首方より波を受けて航行中、上甲板上の破口等から浸水したため、発生したものと考えられる。

MING GUANGが上甲板上の破口等から浸水したのは、乗組員が、定期的に上甲板上の破口等の点検を行うなど風雨密保持の確認を行っておらず、風雨密が保持されていなかったことによるものと考えられる。

HK SAFE BLESSING SHIPPING LTD. は、乗組員の配乗及び教育を適切に行うなどMING GUANGの安全管理を適切に行っておらず、また、MING GUANGが、1966年の満載喫水線に関する国際条約に基づく満載喫水線を超過した状態で航行したものと考えられる。

一等航海士がイマーシヨンスーツを着用して脱出し、二等航海士及び生存した甲板手が着用したイマーシヨンスーツ内への海水の流入を防止できていれば、一等航海士及び二等航海士が生存でき、生存した甲板手が低体温症を負わなかった可能性があると考えられる。

このため、運輸安全委員会は、本事故の調査結果を踏まえ、同種事故の再発防止及び被害の軽減を図るため、次のとおり、MING GUANGの船舶管理会社であるHK SAFE BLESSING SHIPPING LTD. 及び旗国であるカンボジア王国当局に対し勧告する。

HK SAFE BLESSING SHIPPING LTD. は、管理船舶に適法で有効な海技免状を有する乗組員を配乗し、乗組員の教育を適切に行うなど船舶の安全管理を徹底し、乗組員に対し、次の事項を行うように指導すべきである。

- (1) 乗組員は、上甲板上の風雨密閉鎖装置等の健全性及び閉鎖状況を定期的に確認して風雨密を保持すること。

(2) 船長は、1966年の満載喫水線に関する国際条約を遵守し、乾舷を十分確保すること。

(3) 乗組員は、イマーションスーツ着用時に海水が流入する可能性があることを認識し、定期的にイマーションスーツの保管状態の点検及び着用の訓練を行って適切に着用すること。

カンボジア王国当局は、自国籍船舶が最小安全配員証書に記載された適法で有効な海技免状を有する人員を配置するなどの船舶の安全管理が適切に行われ、上記(1)～(3)が徹底されるよう船舶管理会社及び認定代行機関を指導すべきである。

# 1 船舶事故調査の経過

## 1.1 船舶事故の概要

貨物船MING GUANGは、船長ほか9人が乗り組み、大韓民国<sup>クワンヤン</sup>光陽港に向けて西南西進中、船内に浸水し、平成26年12月26日06時05分ごろ、青森県<sup>あじがさわ</sup>鱒ヶ沢町鱒ヶ沢港北西方沖において沈没した。

乗組員10人は、全員救助されたが、3人が死亡した。

## 1.2 船舶事故調査の概要

### 1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成26年12月26日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか1人の船舶事故調査官を指名した。

### 1.2.2 調査の実施時期

平成26年12月26日、28日～31日、平成27年3月17日 口述聴取

平成26年12月27日、平成27年12月21日、22日 現場調査及び口述聴取

平成27年1月13日、15日、2月23日、3月4日、8日、20日、25日、5月28日、6月16日、7月3日、8月1日、10月8日、11月12日、12月2日 回答書受領

### 1.2.3 調査の委託

本事故の調査に当たり、国立研究開発法人海上技術安全研究所（現 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所）に対し、MING GUANGの復原性及び沈没に至る状況に関する調査を委託した。

### 1.2.4 調査協力等

中華人民共和国の事故調査機関（China Maritime Safety Administration）から、MING GUANGの図面の提供を受けた。

### 1.2.5 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

### 1.2.6 旗国等への意見照会

MING GUANGの旗国及び実質的利害関係国に対し、意見照会を行った。

## 2 事実情報

### 2.1 事故の経過

#### 2.1.1 船舶自動識別装置によるMING GUANGの運航の経過

民間情報会社が受信したMING GUANG（以下第6章を除き「本船」という。）の‘船舶自動識別装置（AIS）<sup>\*1</sup>の情報記録’（以下「AIS記録」という。）によれば、平成26年12月24日16時46分43秒～26日05時48分14秒の間における本船の運航の経過は、表2.1のとおりであった。

なお、25日05時09分12秒～21時36分34秒の間、本船のAIS記録は受信されていなかった。

表2.1 本船のAIS記録（抜粋）

月 日	時 刻 (時:分:秒)	船 位 <sup>**</sup>		対地針路 <sup>**</sup> (°)	船首方位 <sup>**</sup> (°)	対地速力 (ノット(kn))	
		北 緯 (° - ' )	東 経 (° - ' )				
12月24日	16:46:43	041-44.96898	140-39.17298	186.8	196	6.8	
	17:08:44	041-42.52698	140-37.12800	211.1	213	9.0	
	23:19:31	041-12.98400	140-02.15100	257.6	266	5.4	
12月25日	00:05:40	041-11.10102	139-56.97798	243.7	264	6.9	
	01:00:40	041-09.06198	139-50.92200	230.8	260	5.0	
	02:00:41	041-06.79302	139-44.12802	258.0	265	3.9	
	03:01:21	041-04.76802	139-37.04400	258.8	259	5.6	
	04:03:21	041-02.47398	139-29.36700	261.6	258	6.1	
	05:09:11	041-01.02600	139-20.92698	269.5	269	6.3	
	～	AIS記録は受信されていなかった。					
	21:36:35	040-36.63000	139-12.35700	121.4	118	7.2	
	22:31:19	040-36.91602	139-20.28702	090.8	090	6.7	

<sup>\*1</sup> 「船舶自動識別装置（AIS:Automatic Identification System）」とは、船舶の識別符号、種類、船名、船位、針路等に関する情報を自動的に送受信し、船舶相互間、陸上局の航行援助施設等との間で交換する装置をいう。

	23:15:24	040-38.06100	139-26.72298	085.5	083	6.4
	23:40:35	040-38.57802	139-30.42300	079.9	087	6.9
12月26日	00:01:35	040-38.81802	139-33.45000	078.6	088	6.7
	01:00:05	040-40.33800	139-42.16098	066.0	078	7.6
	01:30:15	040-41.47800	139-46.57398	085.3	076	7.0
	02:00:16	040-43.08300	139-50.34198	049.7	052	6.4
	02:30:05	040-45.13998	139-52.90602	028.4	023	5.3
	03:00:15	040-47.38302	139-54.80000	035.4	048	6.0
	03:10:02	040-47.95602	139-55.85598	061.7	066	5.9
	03:30:05	040-48.76800	139-58.14798	080.2	085	6.1
	04:00:24	040-50.23200	139-59.67798	047.9	020	4.9
	04:25:06	040-51.82098	140-00.57702	023.3	035	4.3
	04:55:05	040-52.91298	140-03.24702	040.6	042	4.7
	05:17:02	040-54.10800	140-04.38102	060.9	069	4.4
	05:45:02	040-53.62002	140-05.19102	132.6	214	1.3
	05:48:14	040-53.55102	140-05.27202	131.2	232	0.9

※船位は、船橋上方に設置されたGPSアンテナの位置である。また、対地針路及び船首方位は真方位（以下同じ。）である。

## 2.1.2 乗組員の口述等による事故の経過

船長、機関長、三等機関士、甲板手（以下「甲板手A」という。）、操機手、機関員及び司厨長の口述並びに海上保安庁の回答書によれば、次のとおりであった。

### (1) 出港から沈没に至るまでの経過

本船は、船長ほか9人（バングラデシュ人民共和国籍1人、ミャンマー連邦共和国籍1人、中華人民共和国籍7人）が乗り組み、平成26年12月24日16時00分ごろ、大韓民国光陽港に向けて北海道函館市函館港を出港した。

本船は、25日05時00分～09時00分ごろ、船体が右舷側に傾斜した状態で右舷船首方から強風及び波を受けて西南西進した。

もう1人の甲板手（以下「甲板手B」という。）は、船体が傾斜していたので、バラストタンクの浸水等を確認しに行ったが、浸水の有無を確認できず、上甲板右舷側入口から居住区内に戻る際、船体動揺により閉まりかけた風雨密戸に左足を挟まれ、ふくらはぎを負傷した。

本船は、12時00分ごろ船体動揺しながら右舷側に約4°～5°傾斜し

た状態で航行を続け、15時30分ごろ、船体が右舷側に約7°～10°傾斜し、また、甲板手Bが負傷していたので、引き返すこととし、本州北岸に向けて航行し始めた。

操機手は、16時00分ごろ、見回り中に右舷船首のCO<sub>2</sub>ルーム\*<sup>2</sup>に水が約40cm溜<sup>た</sup>まっているのを発見した。

船長、二等航海士、三等機関士及び甲板手Aの4人は、操機手からCO<sub>2</sub>ルームが浸水していることを聞き、操機手の依頼により持運び式の排水ポンプ及びホースをCO<sub>2</sub>ルームのハッチまで届けた後、船長のみが居住区に戻った。

三等機関士、甲板手A及び操機手は、CO<sub>2</sub>ルームの排水を開始した後、3人が順番で適宜排水状況を確認しに行くこととし、それぞれ部屋に戻った。

甲板手Aは、22時30分ごろ、上甲板からCO<sub>2</sub>ルームの排水状況を確認した際、CO<sub>2</sub>ルームの天井近くまで浸水しているのを見たが、どこから浸水しているのかは分からなかった。

本船の船主代理店（以下「A代理店」という。）は、海上保安庁に、23時15分ごろ、本船が航行中に浸水して右舷側に傾き、負傷者が1人いるとの連絡があった旨の通報を、23時40分ごろ、負傷した甲板手Bの救助を要請するとともに、本船に秋田県能代市能代港<sup>のしろ</sup>に向かうよう指示したとの連絡を、26日00時05分ごろ本船が船体傾斜により能代港には向かえないので青森県鱒ヶ沢町七里長浜港<sup>しちりながはま</sup>に向かうとの連絡をそれぞれ行った。

乗組員全員は、イマーシヨンスーツ\*<sup>3</sup>及び救命胴衣を着用し、船橋左舷側のウイングに集合して退船に備えた。

甲板手Aは、本船が傾斜して上甲板の右舷側が常に没水している状況を視認した。

海上保安庁は、03時00分ごろ、本船から国際VHF無線電話装置で右舷傾斜角が約18°である旨の連絡を受け、ほぼ同じ頃、A代理店を通じて本船に、七里長浜港付近は大しけなので静穏な津軽海峡に向けて航行するよう助言した。

A代理店は、03時10分ごろ、海上保安庁に本船は津軽海峡に向かうと

---

\*<sup>2</sup> 「CO<sub>2</sub>ルーム」とは、一般的に機関室や貨物倉などの区画の火災を対象とした消火のため、消火剤として炭酸ガスを使用する炭酸ガス消火装置が設置された区画をいい、本船においても同じ。

\*<sup>3</sup> 「イマーシヨンスーツ」とは、寒冷時の救助艇作業員の風浪暴露からの人体防護や海中転落時の体温低下を防止するために着用する防護服のことをいい、顔面部を除き、体全体を覆い十分な保温性を有し、容易に着用でき、また、退船時の諸作業に支障なく4.5mの高さからの水中飛び込みが可能で、水中において安全な浮遊姿勢が確保できるようになっている。

の連絡を行った。

海上保安庁の巡視船2隻は、03時43分ごろ及び04時25分ごろ、それぞれ本船付近に到着し、伴走を開始した。

操機手及び甲板手Aは、左舷側の救命艇を降下させようとしたが、船体が右舷側に傾斜していたので、降下させることができなかった。

海上保安庁は、04時55分ごろ、本船が右舷側に約30°傾斜しているのを視認したので、沈没に備えて油の流出を防ぐため燃料取出弁を閉鎖すること、及び両舷の錨を投錨することを本船に指示したが、本船から船首部が没水していて投錨は不可能であるとの回答を受けた。

操機手は、機関室に行き、発電機以外の燃料取出弁を閉鎖した後、機関室後部出入口から船尾甲板に出て、上甲板左舷側からの方が退船しやすいと思い、船橋左舷側のウイングで待機していた乗組員に対し、降りてくるよう叫び、乗組員全員は、上甲板の左舷側に移動した。

三等機関士、甲板手A及び操機手は、左舷側の救命いかだ1個を投下したが、本船につないでいた流出防止ロープが切れて、同救命いかだが本船から離れていくのを認めた。

船長は、船尾甲板の機関室出入口から海水が流入するのを見た。

本船は、05時17分ごろ主機が停止し、05時45分ごろ船体が右舷側に約30°～40°傾斜した。

機関長は、一等航海士が、救命胴衣は着用していたが、イマーシヨンスーツを着用していないのを見た。

本船は、05時59分ごろ船内電源が喪失し、乗組員全員が上甲板左舷側から順に海に飛び込んで脱出した後、06時02分ごろ右舷側に横転し、06時05分ごろ北緯40°53.3′、東経140°05.4′付近において沈没した。

## (2) 沈没から乗組員の救助に至るまでの経過

船長、操機手及び司厨長は、脱出後、付近を漂流していた本船の救命いかだに乗り込み、07時34分ごろまでに海上保安庁に救助された。

機関長、二等航海士、三等機関士、甲板手A、甲板手B及び機関員の6人は、脱出後、互いに離れないように手をつなぐなどして漂流しているところを海上保安庁に発見され、08時55分ごろまでに救助されたが、二等航海士は心肺停止、甲板手Bは意識不明の状態であった。

一等航海士は、10時25分ごろ、救命胴衣を着用して漂流しているところを海上保安庁に発見され、救助されたが、心肺停止の状態であった。



本事故の発生日時は、平成26年12月26日06時05分ごろで、発生場所は、鱒ヶ沢港北防波堤灯台から318° 8.3海里（M）付近であった。

（付図1 推定航行経路図 参照）

## 2.2 人の死亡及び負傷に関する情報

一等航海士、二等航海士及び甲板手Bの死体検案書、甲板手Aの診断書並びに海上保安庁の回答書によれば、次のとおりであった。

一等航海士、二等航海士及び甲板手Bは、搬送された病院において、溺水による死亡と検案された。

甲板手Aは、搬送された病院において、低体温症と診断され、3日間入院した。

なお、二等航海士、三等機関士及び甲板手Aが海上保安庁に救助されたとき、イマーションスーツ内に大量の海水が入っていた。

## 2.3 船舶の損傷に関する情報

海上保安庁の情報によれば、本船は、沈没した。

## 2.4 乗組員等に関する情報

### 2.4.1 乗組員に関する情報

#### (1) 性別、年齢、海技免状等

- ① 船長 男性 41歳 国籍 バングラデシュ人民共和国（以下「バングラデシュ」という。）

締約国資格受有者承認証 船長（カンボジア王国発給）

交付年月日 2014年12月11日

（2018年3月23日まで有効）

船長の口述及びバングラデシュ当局の回答書によれば、船長は、海技免状を受有しておらず、また、バングラデシュ当局は、締約国資格受有者承認証に記載されていたバングラデシュの海技免状を発給していなかった。

- ② 機関長 男性 28歳 国籍 バングラデシュ

締約国資格受有者承認証 機関長（カンボジア王国発給）

交付年月日 2014年12月11日

（2018年7月9日まで有効）

機関長の口述及びバングラデシュ当局の回答書によれば、機関長は、海技免状を受有しておらず、また、バングラデシュ当局は、締約国資格受有者承認証に記載されたバングラデシュの海技免状を発給してい

なかった。

- ③ 一等航海士 男性 44歳 国籍 ミャンマー連邦共和国  
締約国資格受有者承認証 一等航海士 (カンボジア王国発給)  
交付年月日 2014年10月6日  
(2018年5月13日まで有効)

ベリーズ発給の一等航海士免状を受有していた。

- ④ 二等航海士 男性 38歳 国籍 中華人民共和国  
締約国資格受有者承認証 二等航海士 (カンボジア王国発給)  
交付年月日 2014年12月26日  
(2016年12月31日まで有効)

海技免状の受有の状況は不明であった。

- ⑤ 甲板手B 男性 49歳 国籍 中華人民共和国

(2) 主な乗船履歴等

船長、機関長、甲板手A及び操機手の口述によれば、次のとおりであった。

① 船長

2014年10月までバングラデシュ国内の陸上で働いていたが、仲介業者の紹介で、中華人民共和国大連港で本船に乗船するよう指示を受け、2014年10月28日から本船に船長として乗船していた。

入港書類等の船長が署名する欄には、署名していたが、船員の仕事は初めての経験であり、航海当直に入ることはなく、甲板手Bと共に船体の整備作業等を行っていた。

本事故当時の健康状態は良好であった。

② 機関長

約6年間貨物船に乗り組んだ経験があり、2014年10月28日から本船に初めて機関長として乗船していた。

本事故当時の健康状態は良好であった。

③ 一等航海士

乗船履歴等は不明であった。

本事故当時、健康状態は良好に見えた。

④ 二等航海士

乗船履歴等は不明であるが、出入港時の操船指揮をとるなど実質的な船長としての業務を行っていた。

本事故当時、健康状態は良好に見えた。

⑤ 甲板手B

乗船履歴等は不明であった。

本事故当時、風雨密戸に左足を挟まれ、ふくらはぎを負傷し、出血して顔色が悪かった。

#### 2.4.2 船舶配員に関する情報

本船の最小安全配員証書によれば、本船の旗国であるカンボジア王国は、SOLAS条約<sup>\*4</sup>に基づき、2014年7月3日、本船に対して最小安全配員証書を発給しており、同証書には、船舶所有者はSTCW条約<sup>\*5</sup>の要件を満たす資格を有する船長、一等航海士、機関長、航海士、機関士及び機関当直部員をそれぞれ1人並びに航海当直部員を2人、そのほか甲板員1人を本船に確実に配員しなければならないと記載されていた。

#### 2.5 船舶等に関する情報

##### 2.5.1 船舶の主要目

IMO番号	8513546
船籍港	プノンペン（カンボジア王国）
船舶所有者	HK SAFE BLESSING SHIPPING LTD.（中華人民共和国）（以下第6章を除き「A社」という。）
船舶管理会社	A社
認定代行機関 <sup>*6</sup>	Union Bureau of Shipping（中華人民共和国）（以下「UBS」という。）
総トン数	1,915トン
L×B×D	86.40m×12.80m×6.70m
満載喫水線 <sup>*7</sup>	夏期満載喫水線 甲板線の上縁から下方へ1,514mm
船質	鋼
機関	ディーゼル機関1基

<sup>\*4</sup> 「SOLAS条約」とは、1974年の海上における人命の安全のための国際条約をいう。

<sup>\*5</sup> 「STCW条約」とは、1978年の船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約をいう。

<sup>\*6</sup> 「認定代行機関」とは、SOLAS条約や海洋汚染防止条約（MARPOL条約）などの国際条約又は船籍国の国内規則に基づき検査を行い、証書を発給する権限を、当該船籍国政府から与えられた機関をいう。

<sup>\*7</sup> 「満載喫水線」とは、1966年の満載喫水線に関する国際条約（LL条約）により規制、算出された船舶の満載時における最小「乾舷」（海面から上甲板上面までの高さ）の標示をいい、航行中の船舶の適正な予備浮力を確保して安全な運航を行うため十分な乾舷が維持できる限界値で、海面の状況は、海域または同一海域でも季節によって風浪、水の比重、その他の条件が変動し、船舶航行上の安全性の度合いも変わるため、満載喫水線には、冬期満載喫水線、夏期淡水満載喫水線などがあり、本船航行海域は、通年、夏期満載喫水線が適用される海域である。

出力 1,103kW  
 推進器 固定ピッチプロペラ1個  
 竣工年月 1986年5月

(写真2.5-1 本船(北海道運輸局室蘭運輸支局苫小牧海事事務所 提供) 参照)



写真2.5-1 本船(北海道運輸局室蘭運輸支局苫小牧海事事務所 提供)

### 2.5.2 積載状態等

本船の函館港の船舶代理店(以下「B代理店」という。)の担当者及び積荷役業者の口述並びに積荷記録及び国際満載喫水線証書によれば、本船の函館港出港時の積載状態、喫水等は、次のとおりであった。

積載物	重量(t)	函館港出港時	
		喫水 (船首/船尾)	横傾斜
シュレツダ* <sup>8</sup> (1番貨物倉) ※	900.0(半載)	5.20m	なし
シュレツダ (2番貨物倉) ※	2,100.0(満載)		
A重油	19.0	5.20m/5.30m	なし
C重油	13.0		
潤滑油	2.6		
清水	63.0		

※ 積荷役終了後、各貨物倉のシュレツダの表面は重機で水平に均された。<sup>なら</sup>(写真2.5-2参照)



写真2.5-2 貨物倉内のシュレツダが水平に均される様子(イメージ)

\*<sup>8</sup> 「シュレツダ」とは、スクラップを破砕機で破砕したものをいい、形状及び重量は多様である。

## 2.5.3 船体構造等

### (1) 船体構造

本船の一般配置図によれば、本船は、国際航海に従事する船尾船橋二層甲板型のばら積み貨物船であり、船首側から1番及び2番貨物倉を有し、船首に船首楼を、船尾に船橋をそれぞれ設けており、右舷船首部にCO<sub>2</sub>ルームが設けられていた。(図2.5参照)

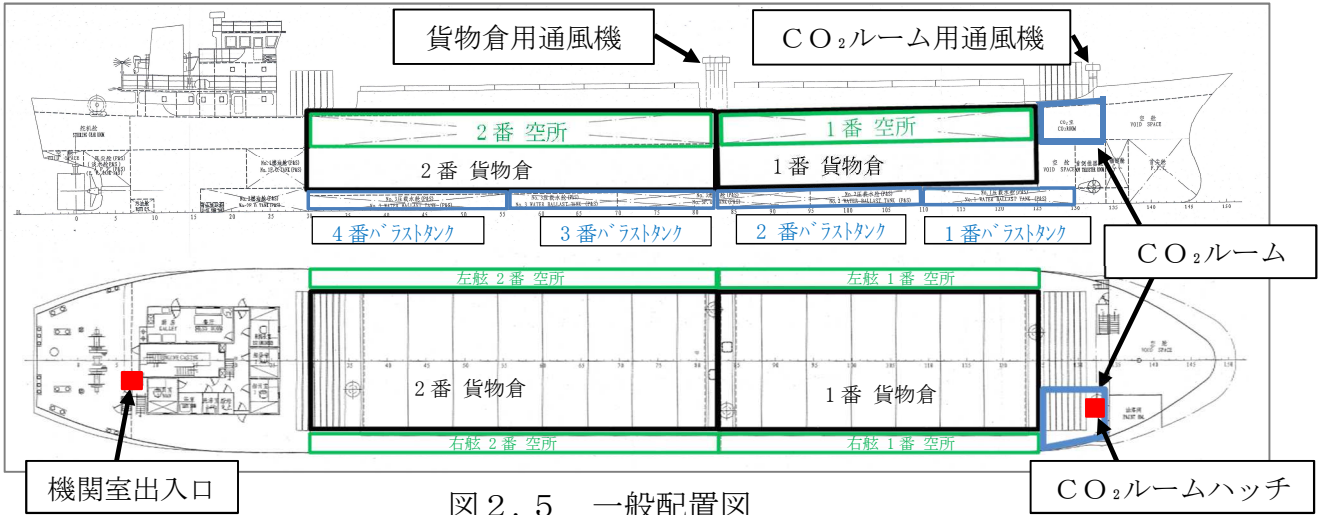


図2.5 一般配置図

### (2) 船体改造工事

新造時及び2005年(平成17年)7月に作成された一般配置図並びに国土交通省海事局の回答書によれば、次のとおりであった。

- ① 本船は、日本国内の造船所において、総トン数が494トン、L×B×Dが60.00m×12.80m×6.70mの日本船籍の内航船(以下「改造前本船」という。)として建造された。
- ② 改造前本船は、船尾船橋二層甲板型の石材、砂及び砂利運搬船であり、船首にクレーンを、中央に一つの貨物倉を有していた。
- ③ 改造前本船は、平成17年2月にA社へ売却され、2005年(平成17年)2月以降に船体延長などの改造工事が行われているが、A社の協力が得られず、改造工事時期、工事を行った造船所、詳細な工事内容等については不明であった。

### (3) その他

三等機関士及び操機手の口述によれば、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

## 2.5.4 寄港国検査 (Port State Control)

国土交通省(北海道運輸局室蘭運輸支局及び北陸信越運輸局)の回答書によれば、

外国船舶監督官による本船の寄港国検査の状況は、次のとおりであった。

(1) 平成24年5月29日（於：苫小牧港）

貨物倉用の通風機に破口及び亀裂があり、通風機の閉鎖装置及びバラストタンク空気抜き管<sup>\*9</sup>の管頭金物<sup>\*10</sup>内のディスクフロート<sup>\*11</sup>が機能していないなどの重大な欠陥に係る技術基準適合命令が発出された。

(2) 平成26年4月10日（於：新潟港）

バラストタンク空気抜き管の管頭金物内のディスクフロートが機能していないこと、ボースンストア<sup>\*12</sup>内のフォアピークタンク<sup>\*13</sup>（F. P. T.）用マンホールの蓋が開放された状態であったことなどの指摘がなされた。

(3) 平成26年5月12日（於：苫小牧港）

機関室の非常脱出口扉及び階段室の防火扉が開放した状態でロープにより固定されていること、上甲板上の風雨密戸のクリップハンドルが整備されておらず、多くの風雨密戸が完全に閉鎖できないこと、乗組員がイマーションスーツを適切に着用できないことなどの指摘がなされた。

(4) 平成26年10月10日（於：関門港若松区）

救命艇の整備が適切に実施されていないことなどの指摘がなされた。

(5) 平成26年10月29日（於：大連港）

平成26年10月10日の関門港での指摘事項について、是正されていることが確認された。

## 2.5.5 船体の風雨密保持の状況

船長、機関長、甲板手A及び操機手の口述によれば、次のとおりであった。

(1) 本船は、本事故当時、CO<sub>2</sub>ルームのハッチカバーが腐食して破口が生じており、完全に閉鎖されていなかった。

(2) 本船乗組員は、函館港出港前に風雨密保持の確認を行っていなかったため、本事故当時の「上甲板上のハッチカバー、通風機、空気抜き管などの破口、マンホールの蓋及び出入口の隙間等」（以下第6章を除き「上甲板上の破口等」という。）の状態は分からなかった。

<sup>\*9</sup> 「空気抜き管」とは、タンク内が加圧状態又は負圧状態にならないようにするために設けられた管をいう。

<sup>\*10</sup> 「管頭金物」とは、波などの流入を防止するために空気抜き管に設置される自動閉鎖装置をいう。

<sup>\*11</sup> 「ディスクフロート」とは、管頭金物が没水すると浮上して海水の流入を防ぐ管頭金物内に設置される部材をいう。

<sup>\*12</sup> 「ボースンストア」とは、索具、工具等を格納する倉庫のことをいい、通常、船首部に設けられる。

<sup>\*13</sup> 「フォアピークタンク」とは、船首部の上甲板より下の位置にあるタンクをいい、トリムの調整や船内で使用する清水を積載するタンクとして使用される。

## 2.5.6 満載喫水線等に関する規則

LL条約第12条、附属書I第II章第12規則、第14規則及び第16規則には、次のとおり規定されている。

### 第12条 水没

(1) (2)及び(3)に規定する場合を除くほか、船舶の出航、航海及び到着のいずれの時においても、季節及びその船舶が存在する帯域又は区域に対応する満載喫水線は、水没してはならない。

(2)及び(3) (略)

### 附属書I第II章

#### 第12規則 戸

(1) 閉囲船楼の端部における隔壁のすべての出入口は、隔壁に常設かつ強固に取り付けられた鋼その他これと同等の材料の戸を備えなければならない、また、閉鎖したときに風雨密でなければならない。(後略)

(2)～(4) (略)

#### 第14規則 貨物ハッチその他のハッチ

(1) (略)貨物ハッチその他のハッチの構造及び風雨密を保持するための装置は、(中略)少なくとも第16規則の要件と同等の要件を満たさなければならない。

(2) (略)

#### 第14-1規則 (略)

#### 第16規則 鋼その他これと同等の材料の風雨密のハッチ・カバーによって閉鎖されるハッチ

(1) (略)すべてのハッチは、鋼又は他の同等な材料のハッチ・カバーを備えなければならない。(略)ハッチ・カバーは風雨密でなければならない、かつ、ガスケット及びクランプ装置を備えなければならない。その配置は、いかなる海面状態においても風雨密を維持することができることを確保するものでなければならない、このため、風雨密性の試験は、最初の検査の際に行うものとし、また、定期的検査及び年次検査の際に又は一層頻繁に行うべきものとすることができる。

(2)～(7) (略)

## 2.6 気象及び海象等に関する情報

### 2.6.1 海上予報及び海上警報

- (1) 気象庁によれば、12月25日07時00分発表の<sup>ひやま</sup>檜山津軽沖海域<sup>\*14</sup>及び秋田沖海域<sup>\*15</sup>の地方海上予報は、次のとおりであった。

地方海上予報	檜山津軽沖	秋田沖
警報	海上風警報継続中 (25日05時30分～)	海上風警報継続中 (24日17時35分～)
風	北西20kn (約10.8m/s) 後 30kn (約16.1m/s)	北西25kn (約13.5m/s) 後 30kn (約16.1m/s)
天気	雪時々曇り	曇り時々雪 所により雷を伴う
視程	3M	1M
波	2.5m 後 3m	4m

- (2) 気象庁によれば、12月26日05時35分発表の秋田沖海域及び檜山津軽沖海域の地方海上警報は、次のとおりであった。

地方海上警報	檜山津軽沖	秋田沖
海上風警報	北西の風が強く最大風速は 30kn (約16.1m/s)	北西の風が強く最大風速は 30kn (約16.1m/s)

### 2.6.2 観測値等

- (1) 気象庁の沿岸波浪実況図によれば、本事故当時の本船航行海域付近の風及び波の推算値は、次のとおりであった。

日時	風向	風速	波向	波周期	有義波高 <sup>*16</sup>
25日09時00分	西北西	20kn(約10.8m/s)	西北西	7秒	2.5m
25日21時00分	西北西	20kn(約10.8m/s)	西北西	7秒	3.0m

- (2) ナウファス<sup>\*17</sup>によれば、本事故発生当時の波は、次のとおりであった。

日時	波向	有義波高	最高波高	観測地点 <sup>*</sup>
25日 05時00分	西	2.3m	4.8m	青森西岸沖 (本船の東南東方37.0M付近)

<sup>\*14</sup> 「檜山津軽沖海域」とは、尻屋崎（青森県）から110°に引いた線以北及び青森県と秋田県との境界線から315°に引いた線以北並びに茂津多岬（北海道）の突端から270°に引いた線及び知床岬（北海道）から90°に引いた線以南並びに千島列島以南の海岸線から300M以内の海域のうち、白神岬（北海道）の突端と小泊岬（青森県）の突端とを結ぶ線以西の海域をいう。

<sup>\*15</sup> 「秋田沖海域」とは、青森県と秋田県との境界線から315°に引いた線以西及び福井県と石川県との境界線から315°に引いた線以東の海岸線から300M以内の海域のうち、東経138°、北緯42°の地点と東経134°、北緯39°の地点とを通る線以南及び飛島と粟島とを最短距離で結ぶ線の中点を通り青森県と秋田県との境界線から315°に引いた線に平行な線以東の海域をいう。

<sup>\*16</sup> 「有義波高」とは、ある地点で連続する波を観測したとき、波高の高い方から順に全体の1/3の個数の波を選び、これらの波高を平均化したものをいう。

<sup>\*17</sup> 「ナウファス（全国港湾海洋波浪情報網）」とは、国土交通省港湾局、各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局、国土技術政策総合研究所及び独立行政法人港湾空港技術研究所の相互協力の下に構築され、運営されている日本沿岸の波浪情報網をいう。



21時40分	西北西	3.8m	7.1m	秋田県沖（本船の南東方35.0M付近）
26日 00時40分	西北西	3.3m	5.1m	青森西岸沖（本船の東北東方14.0M付近）
03時40分	西北西	3.9m	6.2m	青森西岸沖（本船の南西方3.6M付近）
05時20分	西北西	3.6m	6.7m	青森西岸沖（本船の南西方9.5M付近）
06時00分	西北西	3.7m	5.7m	青森西岸沖（本船沈没位置付近の南西方11.2M付近）

※ 観測地点は、観測日時における本船の位置に最も近い場所。

- (3) 海上保安庁の回答書によれば、26日に鰯ヶ沢港沖で本船に伴走した巡視船が観測した気象及び海象は、次のとおりであった。

日時	天気	風向	風速	波高	海水温
26日04時00分	雪	北西	約20m/s	約4.0m	約13℃

- (4) 海流

気象庁の日別海流解析図によれば、26日の本事故現場付近の海流は、0.0～0.1kn（流向不明）であった。

- (5) 気温

本事故現場の南東方7Mに位置する鰯ヶ沢地域気象観測所における26日06時ごろの気温は、約-2.8℃であった。

- (6) 日没時刻

海上保安庁刊行の天測暦によれば、鰯ヶ沢町における25日の日没時刻は16時17分ごろ、26日の日出時刻は07時02分ごろであった。

### 2.6.3 乗組員による観測

甲板手Aの口述によれば、25日01時00分～15時30分ごろの間、天気は小雪で、風向は北西、風力は5～6、視界は不良、波高は約3mであった。

## 2.7 本船の浸水に関する情報

船長、機関長、三等機関士、甲板手A、操機手及び機関員の口述によれば、次のとおりであった。

- (1) 本船は、25日01時00分～15時30分ごろの間、右舷船首方から波高約3mの波を受け、上甲板に波が打ち込んでいた。
- (2) 甲板手Bは、25日11時30分ごろ以前に、バラストタンクへの浸水等を調査したが、浸水の有無を確認できなかった。
- (3) 操機手は、25日16時00分ごろ、右舷船首部のCO<sub>2</sub>ルームに浸水しているのを発見した。
- (4) 三等機関士及び操機手は、26日05時00分ごろ、機関室には浸水がないことを確認した。

- (5) 船長は、本船から脱出する前に、右舷傾斜が増大して上甲板船尾の機関室出入口から海水が流入するのを見た。

## 2.8 安全管理に関する情報

### 2.8.1 適合証書及び安全管理証書

A社の適合証書及び本船の安全管理証書によれば、A社は、2013年12月1日に国際安全管理規則<sup>\*18</sup>（ISMコード）に基づく適合証書を、本船は、2013年12月30日にISMコードに基づく安全管理証書を認定代行機関であるUBSからそれぞれ交付された。

### 2.8.2 安全管理マニュアル

A社の安全管理マニュアルによれば、船長及び船員の資格、配乗並びに訓練について、STCW条約に準拠し、次のとおり定められていた。（抜粋の仮訳）

#### (1) 船長の資格

会社は、船長が、STCW条約の要件を満たす船舶を指揮するための適切な資格を有し、安全管理システムに十分精通していることを確保しなければならない。

#### (2) 船員の配乗

会社は、各船舶に、STCW条約の要件を満たす免状及び資格を有し、かつ、健康な船員を配乗することを確実にしなければならない。

#### (3) 船員の訓練

会社は、安全管理システムの要件を満たす陸上及び船上の関係者に対する訓練の手順を確立し、維持しなければならない。陸上及び船上の全ての関係者に対しそのような訓練が行われることを確実にしなければならない。

### 2.8.3 本船の教育訓練等

船長、機関長、三等機関士、甲板手A、操機手及び機関員の口述によれば、次のとおりであった。

- (1) 本船は、毎月1回、SOLAS条約に基づく退船、防火訓練などを行っていた。

---

<sup>\*18</sup> 「国際安全管理規則（ISMコード：International Safety Management Code for The Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention）」とは、船舶の安全運航と海洋環境の保護を図ることを目的とし、1993年11月4日IMO総会決議として採択され、1974年SOLAS条約の附属書に取り入れられた後、1994年同条約の改正を経て1998年7月1日に発効したものであり、国際航海に従事する全ての旅客船及び総トン数500トン以上の船舶に適用される。

- (2) 船長は、安全管理マニュアルの存在を知らなかった。
- (3) 機関長、三等機関士、甲板手A、操機手及び機関員の5人は、安全管理マニュアルの存在は知っていたが、内容については知らなかった。

## 2.9 イマーシヨンスーツ等に関する情報

### (1) 本船のイマーシヨンスーツに関する情報

生存した乗組員及び海上保安庁の回答書によれば、本事故当時のイマーシヨンスーツの着用状態、保管状態及び型式は不明であった。

### (2) イマーシヨンスーツの性能に関する情報

イマーシヨンスーツの製造者3社の回答書によれば、次のとおりであった。

- ① イマーシヨンスーツは、製造者によって生地や仕様などが多少異なるが、国際救命設備規則（LSAコード）<sup>\*19</sup>に基づき、次の性能要件を満たしている。（図2.9参照）

a 4.5mの高所から水中に飛び込んだときのイマーシヨンスーツ内の浸水量は、500g以下であること（飛込試験）。

b イマーシヨンスーツ内に飛込試験の浸水量と同量の水を注入して被験者を0～2℃の緩やかな循環水中に6時間浮遊させたとき、被験者の直腸温度が2℃を超えて低下しないこと（保温性試験）。

- ② 波浪がある海域を想定した基準及び試験はなく、着用又は保管状態が適切でなければ、スーツ内に大量の海水が流入する可能性がある。

### (3) 海水温度と生存可能時間

文献<sup>\*20</sup>によれば、通常衣服着用時、海水温約13℃での水中における生存可能時間は、個人差があるが、6時間以下である。

(イメージ)

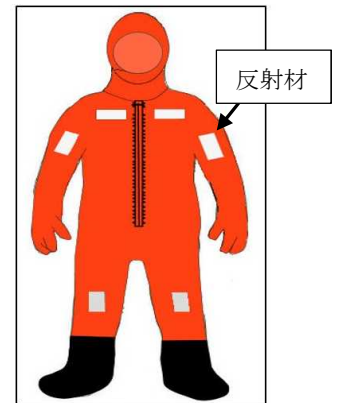


図2.9  
イマーシヨンスーツ

## 2.10 沈没に至る状況に関する調査

### 2.10.1 調査の概要

本船の沈没に至る状況を調査するため、国立研究開発法人海上技術安全研究所に

<sup>\*19</sup> 「国際救命設備規則(LSAコード: International Life-Saving Appliance Code)」とは、1974年SOLAS条約附属書第三章(救命設備)により要求される救命設備の国際基準を提供することを目的とし、1996年6月IMOにおいて採択された強制コードで、1998年7月1日に発効したものである。

<sup>\*20</sup> 「訓練手引書(SOLAS TRAINING MANUAL)」(国土交通省海事局運航労務課監修、平成27年8月船員災害防止協会発行第27版)

復原性及び沈没に至る状況に関する調査を委託した。

## 2.10.2 本船の復原性の推定

### (1) 重心高さの推定

本船の復原性を推定する際、重心高さ (KG) <sup>\*21</sup>の情報が入手できなかったため、改造前本船に類似する砂利採取運搬船2隻のKGを基に、本船のKGを推定し、軽荷状態のKG (以下「KGLC」という。)を4.49m又は4.82mとした。

### (2) 出港時の復原性の推定

函館港出港時の搭載重量は表2.10-1、出港時のバラスト水の搭載重量は表2.10-2のとおりで、喫水は、船首約5.20m、船尾約5.30mで、喫水から推定した本船の排水量は4,407.9tであり、横傾斜はなかった。

表2.10-1  
出港時の搭載重量

搭載物	重量(t)	比重
シュレッダ (1番貨物倉)	900.0	1.000 (かさ比重 <sup>*22</sup> )
シュレッダ (2番貨物倉)	2,100.0	
A重油 (No. 2F.O.T.)	19.0	0.880
C重油 (No. 3F.O.T.)	13.0	0.900
潤滑油 (L.O.T.)	2.6	0.860
清水 (F.W.T.、F.P.T.)	63.0	1.000
バラスト水	173.0	1.025
計	3,270.6	

表2.10-2  
出港時のバラスト水の搭載重量

バラストタンク	重量(t)
1番バラストタンク (左舷)	47
1番バラストタンク (右舷)	47
2番バラストタンク (左舷)	4
2番バラストタンク (右舷)	5
3番バラストタンク (左舷)	0
3番バラストタンク (右舷)	0
4番バラストタンク (左舷)	35
4番バラストタンク (右舷)	35
計	173

出港時の横傾斜角0°となるよう左右舷の燃料油の搭載量を調整して算出した出港時の状態を表2.10-3に、この状態における復原力曲線<sup>\*23</sup>を図2.10-1に示す。

<sup>\*21</sup> 「重心高さ (KG)」とは、船底外板上部から船体の重心までの高さをいう。

<sup>\*22</sup> 「かさ比重」とは、一定容積内に充填した質量を容積で除した値をいう。

<sup>\*23</sup> 「復原力曲線」とは、船体横傾斜角に対する復原てこ (横傾斜を元に戻そうとする偶力を排水量で除した値) をグラフ化したものをいう。

表 2.10-3 出港時の状態

KGLC (m)	4.49	4.82
船首喫水 (m)	5.20	
船尾喫水 (m)	5.30	
平均喫水 (m)	5.25	
排水量 (t)	4,407.90	
重心高さ (m)	3.71	3.79
メタセンタ高さ*24 (GoM) (m)	1.51	1.43
横傾斜角 (°)	0.00	

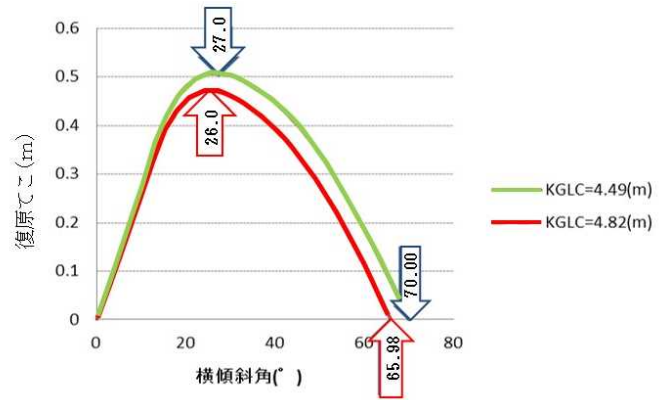


図 2.10-1 出港時の復原力曲線

2.10.3 沈没に至る状況の推定

沈没に至る状況を推定するため、CO<sub>2</sub>ルーム、横傾斜モーメントが発生すると考えられるCO<sub>2</sub>ルーム以外の区画に浸水した場合等の本船の残存復原力の計算を行った。

(1) CO<sub>2</sub>ルームの浸水

(想定：CO<sub>2</sub>ルーム満水 (65.9 t 浸水))

復原力曲線等は図 2.10-2 のとおりで、横傾斜角は 3.13° ~ 3.31° であり、十分な残存復原力があると推測される。

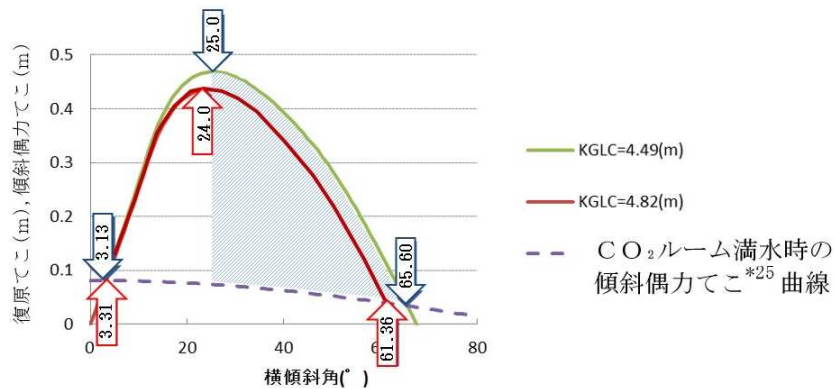


図 2.10-2 CO<sub>2</sub>ルーム満水時の復原力曲線等

(2) CO<sub>2</sub>ルーム、バラスタタンク及び空所の浸水

(想定：CO<sub>2</sub>ルーム、右舷側 2 番～4 番バラスタタンク並びに 1 番及び 2 番空所満水)

復原力曲線等は図 2.10-3 のとおりであり、横傾斜角は 13.11° ~

\*24 「メタセンタ高さ」とは、船体重心Gと船舶が傾斜したときの浮力中心を通る浮力作用線と船体中心線との交点であるメタセンタMとの距離 (GM) をいい、ここでは、自由水影響を考慮したメタセンタ高さ (GoM) を表している。

\*25 「傾斜偶力てこ」とは、風、波、船内での人や貨物の移動などの船体を傾斜させる偶力を排水量で除した値をいう。

14.36°、残存復原力消失角は42.54°～54.75°、復原てこが最大となる傾斜角での残存復原力が比較的小さいので、比較的小さな横傾斜モーメントが作用することにより転覆すると推測される。

※ 海水が満水となる浸水量は、右舷側2番～4番バラスタタンクがそれぞれ55.3 t、58.4 t、49.2 t、右舷側1番及び2番空所がそれぞれ72.9 t、92.0 tであり、1番バラスタタンクについては、函館港出港時からほぼ満水であった。

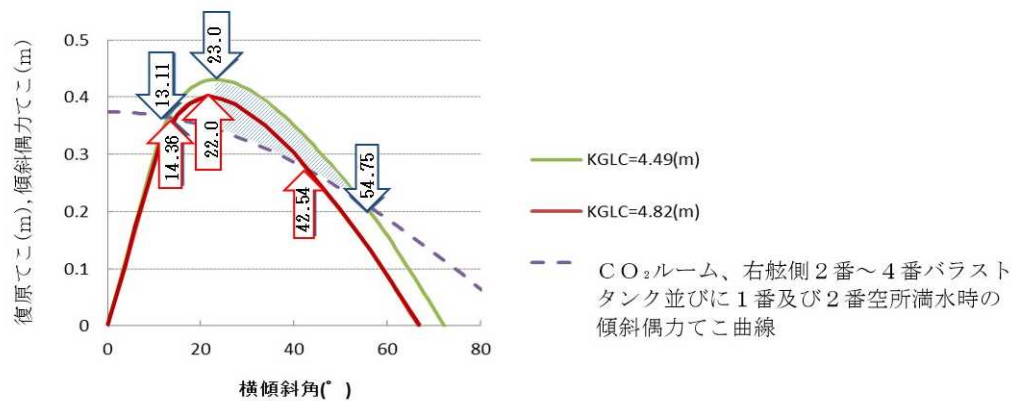


図2.10-3 CO<sub>2</sub>ルーム、右舷側2番～4番バラスタタンク並びに1番及び2番空所満水時の復原力曲線等

(3) CO<sub>2</sub>ルーム及び貨物倉の浸水

(想定：CO<sub>2</sub>ルーム満水及び1番貨物倉3.5% (50.4 t) 浸水)

復原力曲線等は図2.10-4のとおりで、横傾斜角は5.82°～6.53°程度であるが、自由水の影響が極めて大きく、GoMが0.69～0.78mとなり、復原性が全体的に悪化して残存復原力は減少し、浸水量及び横傾斜が増大して復原てこが最大となる横傾斜角17°を超えれば、本事故当時の横傾斜の状況と異なり、風浪により短時間で転覆すると推測される。

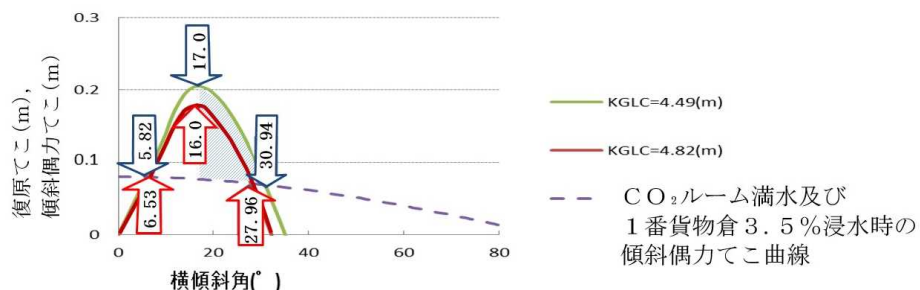


図2.10-4 CO<sub>2</sub>ルーム満水及び1番貨物倉3.5%浸水時の復原力曲線等

(4) CO<sub>2</sub>ルーム、バラスタタンク及び空所の浸水並びに貨物の移動

(想定：CO<sub>2</sub>ルーム、右舷側2番～4番バラスタタンク、1番及び2番

空所満水並びに1番貨物倉の貨物移動（貨物傾斜角 $5^{\circ}$ ）

本船の姿勢等は表2.10-4、復原力曲線等は図2.10-5のとおりであり、KGLCが4.49mの場合、横傾斜角は $18.27^{\circ}$ 、残存復原力消失角は $44.31^{\circ}$ で、残存復原力は極めて小さく、転覆を避けられない状態になると推測され、26日03時00分ごろの船体横傾斜角約 $18^{\circ}$ の状態とほぼ一致する。

なお、KGLCが4.82mの場合は、横傾斜モーメントが大きく、横傾斜モーメントと復原力とが釣り合い状態になることなく転覆すると推測される。

表2.10-4 CO<sub>2</sub>ルーム、右舷側2番～4番バラストタンク、1番及び2番空所に浸水（満水）並びに1番貨物倉の貨物移動時の本船の姿勢等

KGLC (m)	4.49	4.82
船首喫水 (m)	5.87	
船尾喫水 (m)	5.46	
平均喫水 (m)	5.67	
排水量 (t)	4,800.74	
重心高さ (m)	3.69	3.77
メタセンタ高さ(GoM) (m)	1.70	1.62
横傾斜角 ( $^{\circ}$ )	18.27	-
横傾斜偶力てこ (m)	0.42	-

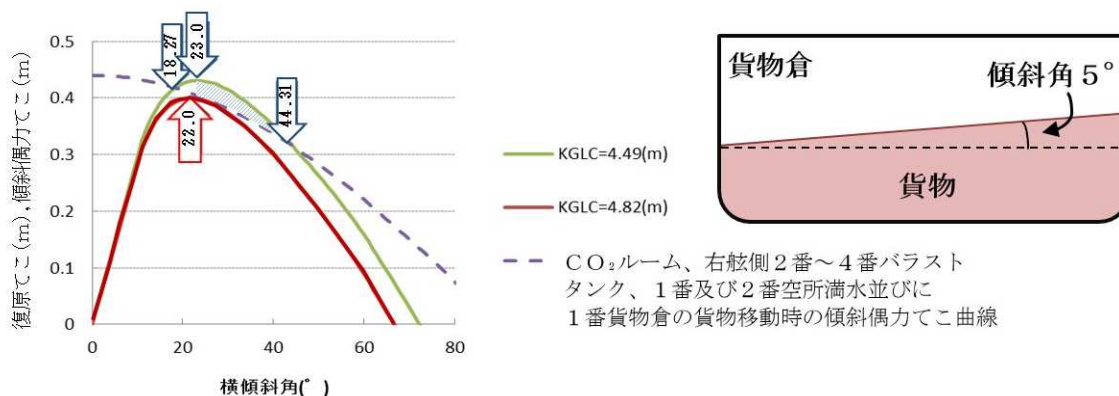


図2.10-5 CO<sub>2</sub>ルーム、右舷側2番～4番バラストタンク、1番及び2番空所満水並びに1番貨物倉の貨物移動時の復原力曲線等

#### 2.10.4 沈没に至る状況に関するまとめ

本船の本事故当時の横傾斜角等の状況は、貨物倉の浸水を除き、想定したCO<sub>2</sub>ルーム、CO<sub>2</sub>ルーム以外の区画の浸水等によって説明できるものと考えられ、横傾斜角 $18^{\circ}$ を超える状態では、僅かな横傾斜モーメントが作用することによって、転覆を避けられない状況であったと推測される。

## 3 分析

### 3.1 事故発生の状況

#### 3.1.1 本船の速力及び対地針路に関する解析

2.1、2.6及び2.7から、本船のAIS記録が受信されていなかった平成26年12月25日05時09分12秒～21時36分34秒ごろの間の速力（対地速力、以下同じ。）及び対地針路は、次のとおりであった可能性があると考えられる。

##### (1) 速力

###### ① 05時09分12秒～15時30分ごろの間

この間、本船が右舷船首方から強風及び波を受けていたことから、速力は、風向及び波向がほぼ同じであった01時00分40秒～05時09分11秒ごろの間の速力の平均値と同じであったとして推算すれば、約5.4knであった。

###### ② 15時30分～21時36分34秒ごろの間

この間、本船が本州北岸に向けて引き返していたことから、速力は、風向及び波向がほぼ同じであったと考えられる21時36分35秒～26日01時30分15秒ごろの間の速力の平均値と同じであったとして推算すれば、約6.9knであった。

##### (2) 対地針路

AIS記録が受信された25日05時09分11秒ごろ及び21時36分35秒ごろのそれぞれの船位を中心に、前記(1)の速力により推算したそれぞれの航程を半径として描いた円の交点を15時30分ごろの船位とすれば、対地針路は次のとおりであった。

###### ① 05時09分12秒～15時30分ごろの間 約241°

###### ② 15時30分～21時36分34秒ごろの間 約085°

#### 3.1.2 事故発生に至る経過

2.1及び3.1.1から、次のとおりであった。

(1) 本船は、平成26年12月24日16時00分ごろ、光陽港に向けて函館港を出港したものと推定される。

(2) 本船は、24日16時46分43秒～25日05時09分11秒ごろの間、船首方位約196°～269°、速力約3.9～9.0knで航行したものと推定される。

(3) 本船は、05時09分12秒～15時30分ごろ、対地針路約241°、



速力約5.4knで航行した可能性があると考えられる。

- (4) 本船は、15時30分ごろ、本州北岸に向けて引き返し始め、15時30分～21時36分34秒ごろ、対地針路約085°、速力約6.9knで航行した可能性があると考えられる。
- (5) 本船は、21時36分35秒～26日03時00分15秒ごろの間、船首方位東南東～北北東、速力約5.3～7.6knで航行し、26日03時10分02秒～04時55分05秒ごろ、船首方位東～北北東、速力約4.3～6.1knで津軽海峡に向けて航行したものと推定される。
- (6) 本船は、05時17分ごろ主機が停止し、06時02分ごろ右舷側に横転した後、05分ごろ沈没したものと考えられる。

### 3.1.3 船体傾斜の状況

2.1.2及び2.5.2から、本船の本事故当時の船体横傾斜増加の経過は表3.1、函館港出港時の載貨状態における船体が横傾斜したときの水線の状況（イメージ）は図3.1のとおりであり、右舷傾斜により上甲板の右舷端が没水する角度は約13°であったものと考えられる。

表3.1 本事故当時の船体横傾斜増加の経過

日時		右舷傾斜角度
12月24日	16:00ごろ	傾斜なし
12月25日	05:00～09:00ごろ	傾斜角度不明
	12:00ごろ	約4°～5°
	15:30ごろ	約7°～10°
12月26日	03:00ごろ	約18°
	04:55ごろ	約30°
	05:45ごろ	約30°～40°

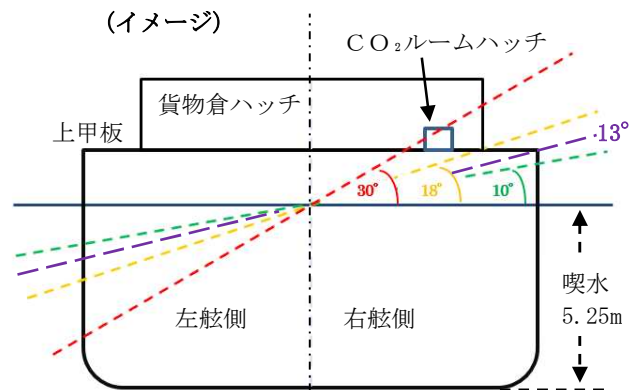


図3.1 横傾斜時の水線の状況  
(函館港出港時の載貨状態)

### 3.1.4 事故発生日時及び場所

2.1.2から、本事故の発生日時は、平成26年12月26日06時05分ごろで、発生場所は、鰺ヶ沢港北防波堤灯台から318°8.3M付近であったものと考えられる。

### 3.1.5 死傷者等の状況

2.1.2及び2.2から、一等航海士、二等航海士及び甲板手Bは、溺水により死亡し、甲板手Aは、低体温症を負った。

### 3.1.6 損傷の状況

2.3から、本船は、沈没したものと推定される。

## 3.2 事故要因の解析

### 3.2.1 乗組員の状況

2.4.1から、次のとおりであった。

#### (1) 船長

適法で有効な海技免状を有しておらず、船長としての経験が初めてであり、STCW条約の要件を満たす船長として必要な知識及び経験を有していなかった。

健康状態は良好であったものと考えられる。

#### (2) 機関長

適法で有効な海技免状を有していなかった。

健康状態は良好であったものと考えられる。

#### (3) 一等航海士

適法で有効な海技免状を有していた。

健康状態は良好であった可能性があると考えられる。

#### (4) 二等航海士

海技免状の受有状況は明らかにすることができなかった。

健康状態は良好であった可能性があると考えられる。

#### (5) 甲板手B

風雨密戸に左足を挟まれ、ふくらはぎを負傷したことにより、健康状態に影響を及ぼしていた可能性があると考えられる。

### 3.2.2 船舶の状況

2.5.1～2.5.5、2.7及び3.1.3から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 本船は、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

(2) 本船は、CO<sub>2</sub>ルームのハッチカバーが、腐食により破口を生じ、また、完全に閉鎖されておらず、CO<sub>2</sub>ルームの風雨密が保持されていなかった。

(3) 本船は、前記(2)及び本事故当時の船体傾斜並びに過去の寄港国検査の状況から、腐食等により、上甲板上の破口等が生じ、本事故当時、上甲板上のハッチカバー、出入口等の風雨密が保持されていなかった。

(4) 本船は、夏期満載喫水が5.20mであるが、函館港出港時の喫水が船首約5.20m、船尾約5.30mであり、平均喫水が約5.25mであることから、本事故当時、LL条約に基づく満載喫水線を超過した状態で航行した。

### 3.2.3 気象及び海象の状況

2.6から、本船航行海域付近では、本船が傾斜してから沈没するまでの間、天気は雪、風速約11.0～20.0m/sの西北西～北西の風が吹き、視界は不良で、波高約2.3～3.9mの西～西北西からの波があり、海水温は約13℃で、26日06時ごろの気温は約-2.8℃であったものと考えられる。

### 3.2.4 船体傾斜に関する解析

2.1、2.5.2、2.6、2.7、2.10、3.1.1～3.1.3、3.2.2及び3.2.3から、船体傾斜の要因は、次の(1)～(4)のとおりであり、本船は、本事故当時、上甲板上のハッチカバー、出入口等の風雨密が保持されていなかったことから、上甲板に波の打ち込みを受けて上甲板上の破口等から船体右舷側のCO<sub>2</sub>ルームに加え、右舷側のバラストタンク若しくは空所又はその両方に浸水したことにより、傾斜モーメントが発生して右舷側に傾斜したものと考えられる。

#### (1) 波の打ち込み

- ① 本船は、25日05時00分～15時30分ごろ、船体動揺しながら上甲板に波の打ち込みを受けて航行していたものと考えられる。
- ② 本船は、25日15時30分～26日06時05分ごろ、波高約3.0～3.9mの波を受けていたことから、船体動揺しながら航行していたものと考えられる。

#### (2) 風

- ① 本船は、25日05時00分～15時30分ごろ、西南西～西進中、風向が西北西～北西であり、右舷船首方より風を受けていたことから、風による右舷側への傾斜モーメントは発生していなかったものと考えられる。
- ② 本船は、25日15時30分～26日05時17分02秒ごろ、東南東～北北東進中、風向が西北西～北西であり、船尾～左舷船首方より風を受けていたことから、風が右舷傾斜を助長させていたものと考えられる。

#### (3) 浸水

##### ① CO<sub>2</sub>ルームの浸水

本船は、CO<sub>2</sub>ルームの風雨密が保持されていなかったことから、CO<sub>2</sub>ルームは波の打ち込みを受けて浸水したものと考えられ、満水時の横傾斜は最大で約3.3°であったものと考えられる。

##### ② CO<sub>2</sub>ルーム以外の浸水

前記①並びに次のa及びbから、本船は、CO<sub>2</sub>ルームに加え、右舷側のバラストタンク若しくは空所又はその両方に浸水し、最大で約14.4°傾斜したものと考えられる。

- a CO<sub>2</sub>ルーム、右舷側のバラストタンク及び右舷側の空所の浸水によって、上甲板の右舷端が没水する約14.4°まで横傾斜すると考えられること。
- b 貨物倉に浸水した場合、自由水の影響により復原性が低下し、横傾斜が17°を超えれば、本船は本事故当時の状況（横傾斜約18°の約3時間後に横転）と異なり、風浪により直ちに横転する状態になることから、横転直前まで貨物倉には浸水しなかったものと考えられること。

#### (4) 貨物の移動

本船は、函館港出港当時、1番貨物倉の貨物（シュレツダ）の表面は水平に均されていたが、満載状態ではなかったため、横傾斜及び船体動揺により貨物が右舷側に移動する余地（スペース）があったこと、及び前記(3)②の右舷側区画の浸水に加えて1番貨物倉のシュレツダが移動したと仮定すれば、本事故当時の船体横傾斜の状況（26日03時00分ごろの本船の船体横傾斜角約18°）を説明できることから、右舷傾斜の増大及び船体動揺により1番貨物倉のシュレツダが右舷側に移動した可能性があると考えられるものの、シュレツダの形状及び重量は多様であり、本船が積載したシュレツダが移動する船体横傾斜角度を明らかにすることはできなかった。

### 3.2.5 横転及び沈没に関する解析

2.1.2、2.5.4、2.5.5、2.6、2.7、2.10、3.1.1～3.1.3及び3.2.2～3.2.4から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本船は、本州北岸に向けて引き返し始めた15時30分ごろ以降、浸水及び右舷傾斜による乾舷の減少、並びに波による船体動揺により上甲板の右舷側が繰り返し没水していたことから、上甲板上の破口等から船体右舷側のCO<sub>2</sub>ルーム、バラストタンク等に浸水し、右舷傾斜が増大した。
- (2) 本船は、右舷傾斜の増大により、上甲板の右舷側が没水した状態になってハッチカバー、出入口等から船体内部への浸水量が増加するとともに、風浪を受けて復原力を喪失したことにより横転し、更に浸水量が増加して沈没した。

### 3.2.6 船舶の安全管理に関する解析

2.4、2.5、2.7、2.8、及び3.2.1～3.2.4から、次のとおりであった。

- (1) 船長及び機関長が適法で有効な海技免状を有しておらず、また、船長がSTCW条約の要件を満たす船長として必要な知識及び経験を有していなかったことから、A社は、カンボジア王国が発給した最小安全配員証書に記載

されたSTCW条約の要件を満たす船長及び機関長を本船に乗り組ませていなかったものと推定される。

- (2) 本船乗組員は、定期的に上甲板上の破口等の点検を行うなど風雨密保持の確認を行っていなかったものと考えられる。
- (3) A社は、生存した乗組員が安全管理マニュアルの内容を知らなかったことから、安全管理マニュアルの教育を適切に行っていないものと考えられる。
- (4) A社は、前記(1)～(3)から、本船乗組員の配乗及び教育を適切に行うなどISMコード及びLL条約に基づく本船の安全管理を適切に行っていないものと考えられる。
- (5) A社が、本船乗組員の配乗及び教育を適切に行うなど本船の安全管理を適切に行っていれば、本船乗組員が風雨密の保持の重要性を理解し、定期的に上甲板上の破口等の点検を行うなど風雨密保持の確認を行うことにより、船体内部への浸水及び右舷傾斜を防止できた可能性があると考えられる。
- (6) 本船は、LL条約に基づく満載喫水線を超過した状態で航行したものと考えられるが、本船がLL条約を遵守していれば、適正な乾舷を維持することができ、上甲板の波の打ち込みなどによる浸水量を軽減できた可能性があると考えられる。

### 3.2.7 事故発生に関する解析

2.1、2.10、3.1.1～3.1.4及び3.2.1～3.2.6から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本船は、津軽海峡西方沖において、右舷船首方から波を受けて航行中、上甲板上のハッチカバー、出入口等の風雨密が保持されていなかったことにより、上甲板に波の打ち込みを受けて上甲板上の破口等から船体右舷側のCO<sub>2</sub>ルーム、バラストタンク等に浸水したことから、傾斜モーメントが発生して右舷側に傾斜した。
- (2) 本船は、本州北岸に向けて引き返し始めた15時30分ごろ以降、浸水及び右舷傾斜並びに船体動揺により上甲板の右舷側が繰り返し没水し、上甲板上の破口等から船体右舷側のCO<sub>2</sub>ルーム、バラストタンク等に浸水して右舷傾斜が増大した。
- (3) 本船は、右舷傾斜の増大により、上甲板の右舷側が没水した状態になってハッチカバー、出入口等から船体内部への浸水量が増加するとともに、風浪を受けて復原力を喪失したことにより横転し、更に浸水量が増加して沈没した。

- (4) 本船乗組員は、定期的に上甲板上の破口等の点検を行うなど風雨密保持の確認を行っていなかった

### 3.3 被害の軽減措置に関する解析

2.1.2、2.2、2.5.4、2.9及び3.2.3から、次のとおりであった。

- (1) 一等航海士以外の乗組員は、救命胴衣及びイマーションスーツを着用して本船から脱出したものと考えられるが、一等航海士は、救命胴衣を着用していたが、イマーションスーツは着用せずに本船から脱出したものと考えられる。
- (2) 二等航海士、三等機関士及び甲板手Aは、救助されたとき、イマーションスーツ内に大量の海水が入っていたことから、漂流中に流入するなどしたものと推定される。

イマーションスーツ内に大量の海水が流入するなどした状況については、イマーションスーツを適切に着用していなかったこと、適切に保管していなかったことなどが関与した可能性があると考えられるが、これらに関する情報が得られなかったことから、その状況を明らかにすることはできなかった。

- (3) 一等航海士は、救命胴衣を着用していたものの、二等航海士及び甲板手Bは、救命胴衣及びイマーションスーツを着用していたものの、それぞれ溺水により死亡したことから、気温約 $-2.8^{\circ}\text{C}$ 及び海水温約 $13^{\circ}\text{C}$ の状況下において、一等航海士がイマーションスーツを着用していなかったこと、二等航海士のイマーションスーツ内に大量の海水が流入したこと、甲板手Bがふくらはぎを負傷していたことなどが関与した可能性があると考えられるが、溺水に至った状況を明らかにすることはできなかった。
- (4) 甲板手Aは、救命胴衣及びイマーションスーツを着用していたものの、低体温症を負ったことから、イマーションスーツ内に約 $13^{\circ}\text{C}$ の海水が流入したことが関与した可能性があると考えられるが、三等機関士が、甲板手Aとほぼ同じ状況下にあったものの、低体温症を負わなかった状況を明らかにすることはできなかった。
- (5) 生存した乗組員7人は、いずれも救命胴衣及びイマーションスーツを着用していたことから、前記(3)の気象及び海象の状況下においても生存できたものと考えられる。

## 4 結 論

### 4.1 原因

本事故は、夜間、本船が、津軽海峡西方沖において、右舷船首方から波を受けて航行中、波の打ち込みにより上甲板上の破口等から船体右舷側のCO<sub>2</sub>ルーム、バラストタンク等に浸水したため、右舷傾斜が生じて上甲板の右舷側が没水した状態になったことによりハッチカバー、出入口等から船体内部への浸水量が増加するとともに、風浪を受けて復原力を喪失して横転し、更に浸水量が増加して沈没したことにより発生したものと考えられる。

本船が波の打ち込みにより上甲板上の破口等から船体右舷側のCO<sub>2</sub>ルーム、バラストタンク等に浸水したのは、上甲板上のハッチカバー、出入口等の風雨密が保持されていなかったことによるものと考えられる。

本船が上甲板上のハッチカバー、出入口等の風雨密が保持されていなかったのは、本船乗組員が、定期的に上甲板上の破口等の点検を行うなど風雨密保持の確認を行っていないことによるものと考えられる。

### 4.2 その他判明した安全に関する事項

- (1) A社は、本船乗組員の配乗及び教育を適切に行うなど本船の安全管理を適切に行っていなかったが、A社が本船乗組員の配乗及び教育を適切に行うなど本船の安全管理を適切に行っていれば、本船乗組員が風雨密の保持の重要性を理解し、定期的に上甲板上の破口等の点検を行うなど風雨密保持の確認を行うことにより、船体内部への浸水及び右舷傾斜を防止できた可能性があると考えられる。
- (2) 本船は、LL条約に基づく満載喫水線を超過した状態で航行したものと考えられるが、本船がLL条約を遵守していれば、適正な乾舷を維持することができ、上甲板の波の打ち込みなどによる浸水量を軽減できた可能性があると考えられる。
- (3) 一等航海士及び二等航海士が溺水により死亡し、甲板手Aが低体温症を負ったが、一等航海士がイマーシヨンスーツを着用して脱出し、二等航海士及び甲板手Aが着用したイマーシヨンスーツ内への海水の流入を防止できていれば、一等航海士及び二等航海士が生存でき、甲板手Aが低体温症を負わなかった可能性があると考えられる。

## 5 再発防止策

同種事故の再発防止及び被害の軽減を図るため、次の措置を講じることが必要である。

- (1) 乗組員は、上甲板上の風雨密閉鎖装置等の健全性及び閉鎖状況を定期的を確認して風雨密を保持すること。
- (2) A社は、管理船舶に適法で有効な海技免状を有する乗組員を配乗し、乗組員の教育を適切に行うなどの船舶の安全管理を徹底すること。
- (3) 船長は、LL条約を遵守し、乾舷を十分確保すること。
- (4) 乗組員は、イマーシヨンスーツ着用時に海水が流入する可能性があることを認識し、定期的にイマーシヨンスーツの保管状態の点検及び着用の訓練を行って適切に着用すること。
- (5) カンボジア王国当局は、自国籍船舶が最小安全配員証書に記載された適法で有効な海技免状を有する人員を配置すること及び前記(1)～(4)などの安全管理が適切に行われるよう船舶管理会社及び認定代行機関を指導すること。

## 6 安全勧告

本事故は、MING GUANGが、右舷船首方より波を受けて航行中、‘上甲板上のハッチカバー、通風機、空気抜き管などの破口、マンホールの蓋及び出入口の隙間等’（以下「上甲板上の破口等」という。）から浸水したため、発生したものと考えられる。

MING GUANGが上甲板上の破口等から浸水したのは、乗組員が、定期的にも上甲板上の破口等の点検を行うなど風雨密保持の確認を行っておらず、風雨密が保持されていなかったことによるものと考えられる。

HK SAFE BLESSING SHIPPING LTD. は、乗組員の配乗及び教育を適切に行うなどMING GUANGの安全管理を適切に行っておらず、また、MING GUANGが、1966年の満載喫水線に関する国際条約に基づく満載喫水線を超過した状態で航行したものと考えられる。

一等航海士がイマーシヨンスーツを着用して脱出し、二等航海士及び生存した甲板手が着用したイマーシヨンスーツ内への海水の流入を防止できていれば、一等航海士及び二等航海士が生存でき、生存した甲板手が低体温症を負わなかった可能性があると考えられる。

このため、運輸安全委員会は、本事故の調査結果を踏まえ、同種事故の再発防止及び被害の軽減を図るため、次のとおり、MING GUANGの船舶管理会社であるHK SAFE



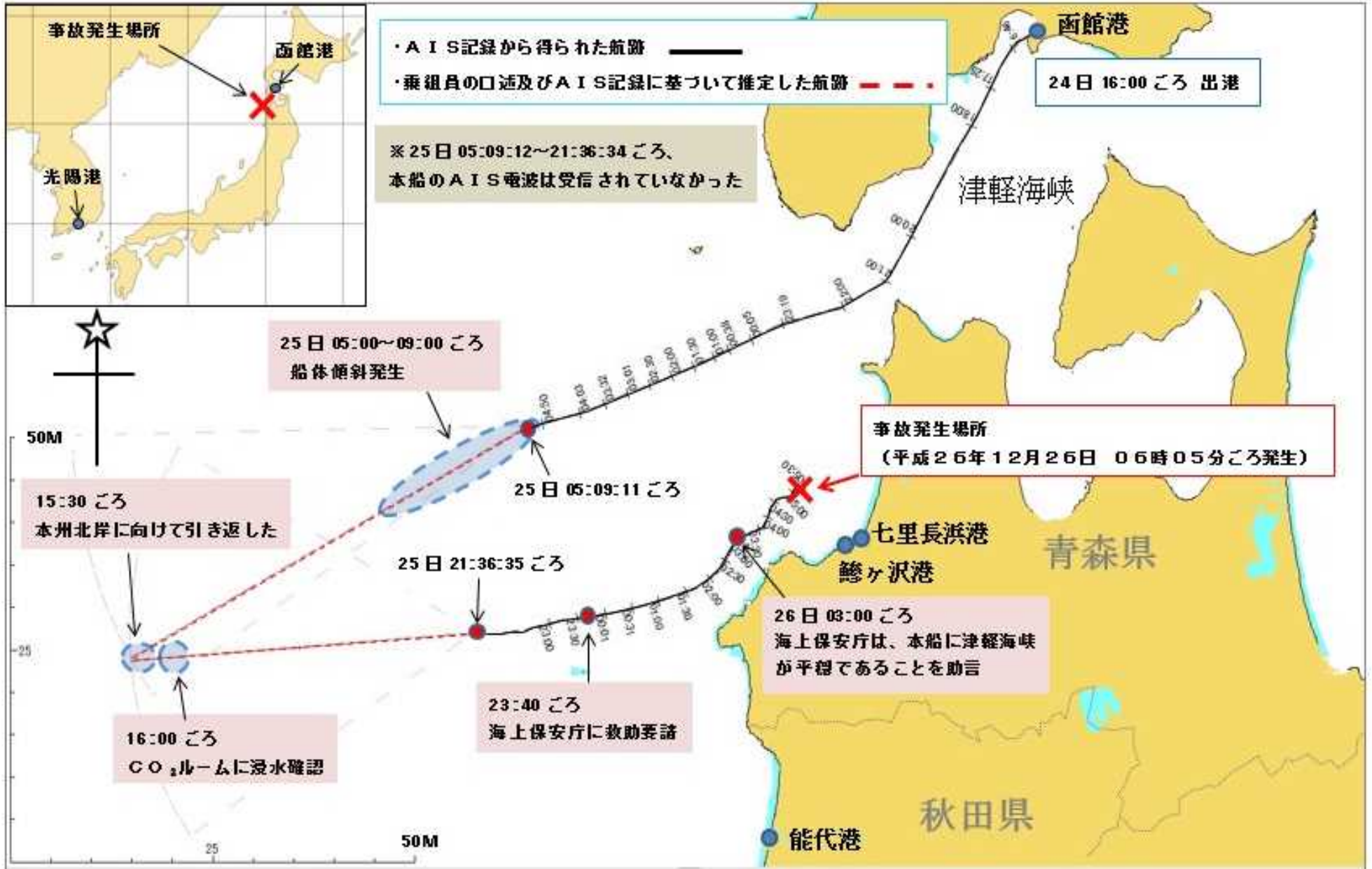
BLESSING SHIPPING LTD. 及び旗国であるカンボジア王国当局に対し勧告する。

HK SAFE BLESSING SHIPPING LTD. は、管理船舶に適法で有効な海技免状を有する乗組員を配乗し、乗組員の教育を適切に行うなど船舶の安全管理を徹底し、乗組員に対し、次の事項を行うように指導すべきである。

- (1) 乗組員は、上甲板上の風雨密閉鎖装置等の健全性及び閉鎖状況を定期的に確認して風雨密を保持すること。
- (2) 船長は、1966年の満載喫水線に関する国際条約を遵守し、乾舷を十分確保すること。
- (3) 乗組員は、イマーシヨンスーツ着用時に海水が流入する可能性があることを認識し、定期的にイマーシヨンスーツの保管状態の点検及び着用の訓練を行って適切に着用すること。

カンボジア王国当局は、自国籍船舶が最小安全配員証書に記載された適法で有効な海技免状を有する人員を配置するなどの船舶の安全管理が適切に行われ、上記(1)～(3)が徹底されるよう船舶管理会社及び認定代行機関を指導すべきである。

付図1 推定航行経路図



沈没に係る解析調査  
(貨物船 A 沈没事故)  
報告書

平成 27 年 12 月

国立研究開発法人 海上技術安全研究所

## 目次

1. はじめに	1
2. 復原性の推定	1
2. 1 出港時の重心高さの推定	1
2. 2 出港時の復原性の推定	2
3. 沈没に至る状況の推定	4
3. 1 CO <sub>2</sub> ルールの浸水	4
3. 1. 1 CO <sub>2</sub> ルームに 20%浸水した状態	4
3. 1. 2 CO <sub>2</sub> ルームに浸水して満水となった状態	5
3. 2 CO <sub>2</sub> ルーム及び右舷バラストタンク (W.B.T.) の浸水	6
3. 2. 1 右舷 NO2~NO4W.B.T.に浸水して満水となった状態	6
3. 2. 2 CO <sub>2</sub> ルームに 20%の浸水及び右舷 NO2~NO4W.B.T.が満水となった状態	7
3. 2. 3 CO <sub>2</sub> ルームに 76%の浸水及び右舷 NO2~NO4W.B.T.が満水となった状態	8
3. 2. 4 CO <sub>2</sub> ルーム及び NO2~NO4W.B.T.が満水となった状態	9
3. 3 CO <sub>2</sub> ルーム及び右舷空所 (VOID スペース) の浸水	10
3. 3. 1 右舷 NO1&2VOID スペースに 60%浸水した状態	10
3. 3. 2 CO <sub>2</sub> ルームに 20%浸水及び右舷 NO1&2VOID スペースが満水となった状態	11
3. 3. 3 CO <sub>2</sub> ルームに 76%浸水及び右舷 NO1&2VOID スペースが満水となった状態	12
3. 3. 4 CO <sub>2</sub> ルーム及び右舷 NO1&2VOID スペースが満水となった状態	13
3. 4 CO <sub>2</sub> ルーム、右舷 NO2~NO4 W.B.T.及び NO1&2 VOID スペースが満水となった状態	14
3. 5 CO <sub>2</sub> ルーム、右舷 NO1&2 VOID スペース、NO2~NO4W.B.T.に満水、及び貨物の傾斜角が 5° となった状態	15
3. 6 CO <sub>2</sub> ルームに満水及び 1 番貨物倉に 3.5%浸水した状態	16
4. まとめ	17
付録 1 浸水を想定した区画	18
付録 2 予備検討結果	19

	CO <sub>2</sub> ルーム	No. 2 W.B.T.(S)	No. 3 W.B.T.(S)	No. 4 W.B.T.(S)	No. 1 空所(S)	No. 2 空所(S)	1番 貨物倉	チェーンロッカー	貨物傾斜角	横傾斜角
3.1.1	20%									0.62/0.66
3.1.2	100%									3.13/3.31
3.2.1		100%	100%	100%						3.78/3.96
3.2.2	20%	100%	100%	100%						4.28/4.48
3.2.3	76%	100%	100%	100%						5.71/5.97
3.2.4	100%	100%	100%	100%						6.31/6.61
3.3.1					60%	60%				4.57/4.83
3.3.2	20%				100%	100%				8.11/8.55
3.3.3	76%				100%	100%				9.68/10.2
3.3.4	100%				100%	100%				10.38/11.20
3.4	100%	100%	100%	100%	100%	100%				13.11/14.36
3.5	100%	100%	100%	100%	100%	100%			5°	18.27/-
3.6	100%						50.4t			5.82/6.53
A1	100%							100%		3.19/3.40
A2	100%				100%					6.47/6.83
A3	100%		50%							4.54/4.83
A4					30%	30%			4°	4.56/4.78
A5	20%				40%	40%			7°	7.22/7.49
A6	76%				50%	50%			10°	10.69/11.24
A7	76%				76%	76%			18°	18.24/-
A8	100%				100%	100%			10°	17.27/-
A9	100%	100%	100%		100%	100%			5°	17.84/-

## 1. はじめに

本報告書は、平成26年12月26日、青森県鮎ヶ沢港北西方付近で発生した貨物船A（以降本船と称する）沈没事故調査に資するため、次の検討を行った結果をまとめたものである。

- (1) 復原性の推定
- (2) 沈没に至る状況の推定

## 2. 復原性の推定

最初に検討の基礎となる函館港出港時の復原性について推定を行った。本船の主要目を表1に示す。

表1 本船の主要目

全長 (m)	86.40
垂線間長(m)	79.80
船幅 (m)	12.80
深さ (m)	6.70
設計喫水 (m)	5.20
軽荷重量 (t)	1035.7
総トン数(t)	1915

### 2. 1 出港時の重心高さの推定

検討を行う際に必要となる本船の重心高さ(KG)については情報がなく、本船は、ガット船からクレーンを取り除いて船体を延長する改造を行った船舶である。従って、「本船のKGは、改造前のガット船の状態からクレーンを取り除いた状態のKGの値と変わらない」という仮定の下に本船のKGを推定することにした。具体的には、推定の幅を持たせるため、改造前本船と類似のガット船4隻の軽荷状態のKGのうち、最大と最小の2つの値を使用し、そのKGの値は改造前本船の軽荷状態のKGと等しいとして、クレーンを取り除いた時のKG'を(1)式で求め本船の軽荷状態のKGとした。

$$KG' = \{W_B * KG - W_{JC} * (KH + HC) - W_{BCKT} * HB\} / (W_B - W_{JC} - W_{BCKT}) \quad (1)$$

ここで、

$W_B$  : 改造前本船の軽荷重量

$W_{JC}$  : ジブクレーンの総重量 (バケット重量を除く)

$W_{BCKT}$  : バケット重量

$KH$  : 船底からクレーンのベースまでの高さ

$HC$  : ジブクレーンのクレーンベースからの重心高さ

$HB$  : バケットの船底からの重心高さ

である。このようにして推定した本船のKGを表2示す。

表 2 KG の推定値

	KG(軽荷状態)(m)	軽荷重量(W <sub>B</sub> )(t)	クレーン重量(W <sub>JC</sub> )(t) (バケットを除く)	バケット重量 (W <sub>BCKT</sub> )(t)	クレーン総重量(t) (W <sub>JC</sub> +W <sub>BCKT</sub> )	修正軽荷重量(t) (W <sub>B</sub> -W <sub>JC</sub> -W <sub>BCKT</sub> )	H <sub>C</sub> (m) (ジブ角度5°)	KH(m)	バケット 高さ (HB)(m)	推定KG(m) (ジブクレーン 除く)
本船改造前	不明	1164.50	74.94	9	83.94	1080.56	1.36	7.58	7.7	
①	4.80									4.49
②	5.11									4.82

これ以降、表 2 の右端の欄に示す 2 つの KG の値 (4.49m、4.82m) を本船の軽荷状態の KG (以後 KGLC と表記) として検討を行った。

## 2. 2 出港時の復原性の推定

運輸安全委員会の調査 (以後調査と称す) によれば、出港時の喫水は船首 5.2m、船尾 5.3m であり、横傾斜はなかった。また、調査により明らかとなっている出港時の搭載重量は表 3.1 の通りである。バラスト水については不明だが、出港 2 日目の積荷検査結果から表 3.2 のとおり搭載していたものと推定した。

表 3.1 搭載重量

積載物	搭載重量(t)	比重
スクラップ (1 番貨物倉)	900	1.00(※かさ比重)
スクラップ (2 番貨物倉)	2100	1.00(※かさ比重)
A重油(NO2FOT)	19	0.88
C重油(NO3FOT)	13	0.90
潤滑油(LOT)	2.58(3kl)	0.86
清水(FWT&FPT)	63	1.00
バラスト水 (表3.2)	173	1.025
計	3270.6	

表 3.2 バラスト水搭載重量

バラスト水タンク	搭載重量(t)
NO1W.B.T.(P)	47
NO1W.B.T.(S)	47
NO2W.B.T.(P)	4
NO2W.B.T.(S)	5
NO3W.B.T.(P)	—
NO3W.B.T.(S)	—
NO4W.B.T.(P)	35
NO4W.B.T.(S)	35
計	173

運輸安全委員会からの提示に従い、表 3.1 に示すように、A 重油は左右の 2 番燃料タンク

(NO2FOT)、C 重油は左右の 3 番燃料タンク(NO3FOT)、潤滑油は潤滑油タンク(LOT)及び居住区デッキ右舷側手すりに固縛されたドラム缶 6 本に積載されていたものとした。また、清水は清水タンク(FWT)を満たした上で、残りは船首倉 (FPT) に積載されていたものとした。なお、調査によれば各貨物倉のスクラップの表面は水平に均してあった。

以上の重量を合わせると、搭載重量は 3270.6 t となる。喫水及び本船の船体線図から推定した本船の排水量は、4407.9 t であり、本船の要目表によれば、軽荷重量は 1035.7 t であるので、軽荷重量と搭載重量を合わせると 4306.3 t となり、101.6 t の不明重量が存在する。

軽荷重量に不明重量を含め、本船の軽荷状態の KG(KGLC)を 2.1 節の本船の KG 推定値に合わせた上で、さらに横傾斜が 0°となるように横傾斜モーメントを調整し、重心の前後位置を喫水から求めた浮心の前後位置の値と一致するようにした。また、自由水の影響は、満載ではない A 重油タンク、C 重油タンク、バラストタンク、及び清水タンクについて考慮している。各タンクの面積 2 次モーメント、重心高さ、前後方向及び左右方向の重心位置については、タンク容積図の値を使用した。タンク容積図にないものについては、一般配置図等から読み取った。

推定した出港状態を表 4 に示す。出港状態の重心高さ (KG) 推定値は 3.71m あるいは 3.79m で、それぞれの重心高さに対応する自由水影響を考慮したメタセンタ高さ  $G_0M$  は 1.51m と 1.43m となった。また、この状態における復原力曲線を図 1 に示す。図中  $G_0Z$  (復原てこ) は、自由水の影響を考慮しない  $GZ$  から自由水の影響  $GG_0$  を用いて(2)式で修正した。

$$G_0Z = GZ - GG_0 \sin \phi \quad (2)$$

ここで、 $\phi$  は横傾斜角である。

これ以降の  $G_0Z$  (復原てこ) の値は全てこの様にして修正した自由水影響を考慮した値を示している。また、図中の矢印は、左から復原てこが最大となる傾斜角、復原力消失角を表している。

表 4 出港状態

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.20	
船尾喫水(m)	5.30	
平均喫水(m)	5.25	
排水量(t)	4407.90	
重心高さ(m)	3.71	3.79
メタセンタ高さ(m)	1.51	1.43
横傾斜角(°)	0.00	



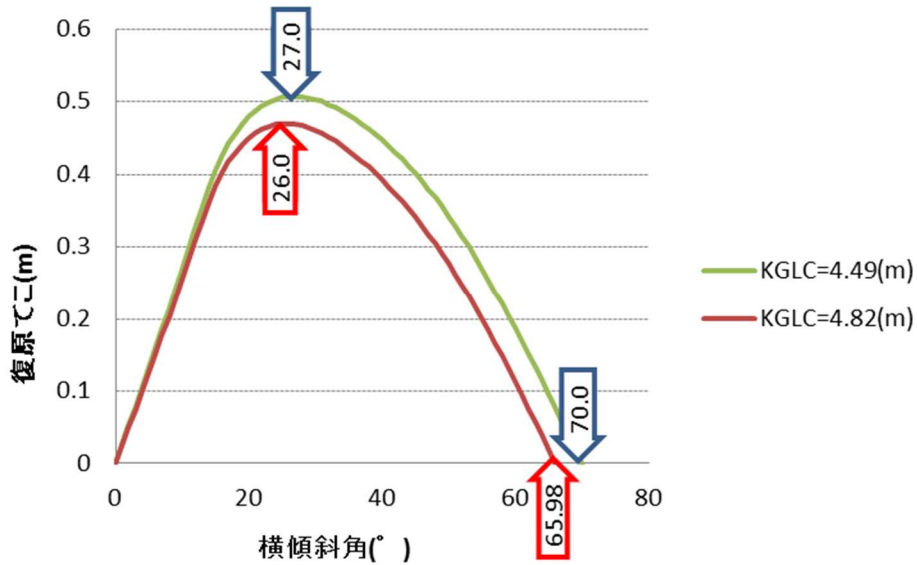


図1 出港状態の復原力 ( $G_0Z$ ) 曲線

### 3. 沈没に至る状況の推定

沈没に至る状況を推定するため、CO<sub>2</sub> ルームをはじめとする船体右舷側区画の種々の浸水状態等における船の姿勢及び残存復原力の検討を行った。調査により横傾斜角やCO<sub>2</sub> ルームへの浸水が明らかとなっているため、CO<sub>2</sub> ルームなどの船体右舷側区画の種々の浸水状態等における船の横傾斜角を中心に、姿勢及び残存復原力の推定を行った。なお、推定に当たり航行による燃料や清水の消費量については考慮していない。表中の横傾斜角は、復原力曲線と横傾斜モーメントレバー（これ以降図中では傾斜てこ表記する）の交点の傾斜角を表している。また、図中の矢印は、左から復原力曲線と横傾斜モーメントレバーの交点の横傾斜角、復原てこが最大となる横傾斜角、復原力曲線と横傾斜モーメントレバーの第2の交点である残存復原力消失角を表している。

#### 3. 1 CO<sub>2</sub> ルームの浸水

ここでは、調査により判明しているCO<sub>2</sub> ルームに浸水した状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。

##### 3. 1. 1 CO<sub>2</sub> ルームに20%浸水した状態

調査によると、CO<sub>2</sub> ルームの浸水発見時、床上40cmまで浸水していたとのことであり、CO<sub>2</sub> ルームの床上40cmの浸水はCO<sub>2</sub> ルームの容積の20%に相当する。ここでは、CO<sub>2</sub> ルームに20% (13.2t) 浸水した状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。この状態における船の姿勢等を表5に、復原力曲線等を図2に示す。横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約0.62°、KGLC=4.82(m)で約0.66°である。

表 5 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub> ルームへ 20%浸水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.25	
船尾喫水(m)	5.28	
平均喫水(m)	5.27	
排水量(t)	4420.65	
重心高さ(m)	3.71	3.80
メタセンタ高さ(m)	1.51	1.42
横傾斜角(°)	0.62	0.66
横傾斜モーメントレバー(m)	0.02	0.02

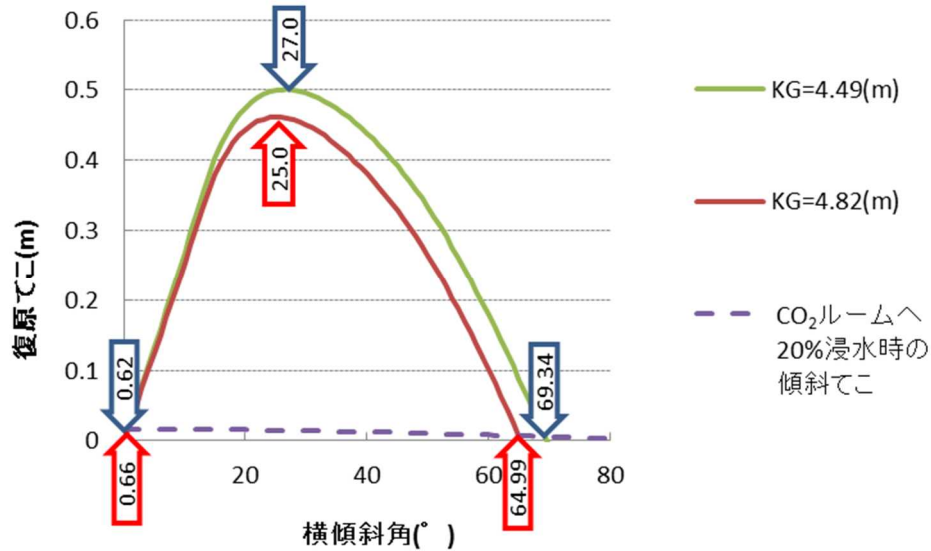


図 2 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルームへ 20%浸水)

### 3. 1. 2 CO<sub>2</sub> ルームに浸水して満水となった状態

調査によると、CO<sub>2</sub> ルームには天井近くまで浸水していたとのことである。ここでは、CO<sub>2</sub> ルームが完全に浸水した状態 (浸水量: 65.9t) について、船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。この状態における船の姿勢等を表 6 に、復原力曲線等を図 3 に示す。横傾斜角は、KGLC=4.49(m) で約 3.1°、KGLC=4.82(m) で約 3.3° である。

表 6 CO<sub>2</sub> ルーム満水時の船の姿勢等

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.46	
船尾喫水(m)	5.18	
平均喫水(m)	5.32	
排水量(t)	4471.72	
重心高さ(m)	3.74	3.82
メタセンタ高さ(m)	1.48	1.40
横傾斜角(°)	3.13	3.31
横傾斜モーメントレバー(m)	0.08	0.08

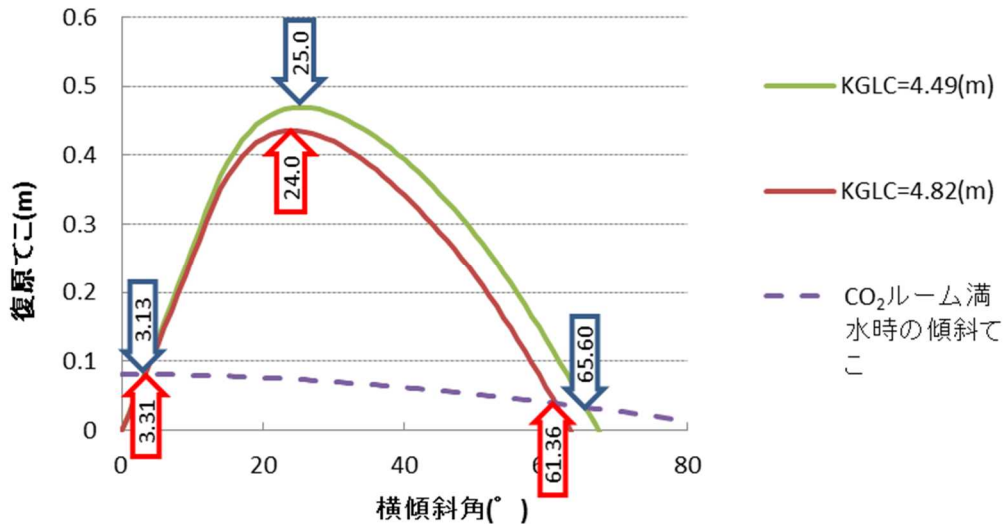


図3 CO<sub>2</sub>ルーム浸水時の復原力曲線等

### 3. 2 CO<sub>2</sub>ルーム及び右舷バラストタンク (W. B. T.) の浸水

ここでは、CO<sub>2</sub>ルーム及び右舷のバラストタンクの浸水を想定し、次の4ケースの船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。

#### 3. 2. 1 右舷NO<sub>2</sub>~NO<sub>4</sub>W.B.T.に浸水して満水となった状態

まずCO<sub>2</sub>ルームへの浸水がなく、右舷側のNO<sub>2</sub>~4W.B.T.を満水(タンク重量は、それぞれ60.3t、58.4t、84.2t)にした状態の復原性の推定を行った。この状態での船の姿勢等を表7に、復原力曲線等を図4に示す。横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約3.8°、KGLC=4.82(m)で約4.0°であり、調査で判明している本船の横傾斜角(4~5°)とほぼ一致する。

表7 船の姿勢等(右舷NO<sub>2</sub>~4W.B.T.満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.37	
船尾喫水(m)	5.46	
平均喫水(m)	5.42	
排水量(t)	4569.72	
重心高さ(m)	3.60	3.68
メタセンタ高さ(m)	1.76	1.68
横傾斜角(°)	3.78	3.96
横傾斜モーメントレバー(m)	0.12	0.12

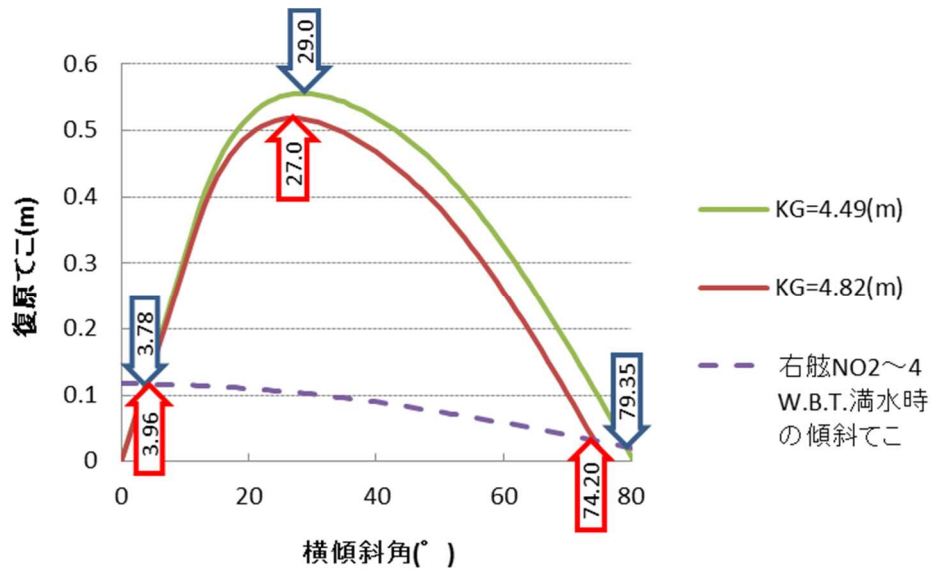


図4 復原力曲線等 (右舷 NO2~4W.B.T.満水)

### 3. 2. 2 CO<sub>2</sub> ルームに 20%の浸水及び右舷 NO2~4W.B.T.が満水となった状態

CO<sub>2</sub> ルームに 20%の浸水に加え、右舷側の NO2~4W.B.T.に満水となった状態についての船の姿勢等を表 8 に、復原力曲線等を図 5 に示す。横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 4.3°、KGLC=4.82(m)で約 4.5° であり、調査で判明している本船の横傾斜角 (4~5°) とほぼ一致する。

表 8 船の姿勢等(CO<sub>2</sub> ルーム 20%浸水及び右舷 NO2~4W.B.T.満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.42	
船尾喫水(m)	5.44	
平均喫水(m)	5.43	
排水量(t)	4582.49	
重心高さ(m)	3.60	3.68
メタセンタ高さ(m)	1.76	1.38
横傾斜角(°)	4.28	4.48
横傾斜モーメントレバー(m)	0.13	0.13

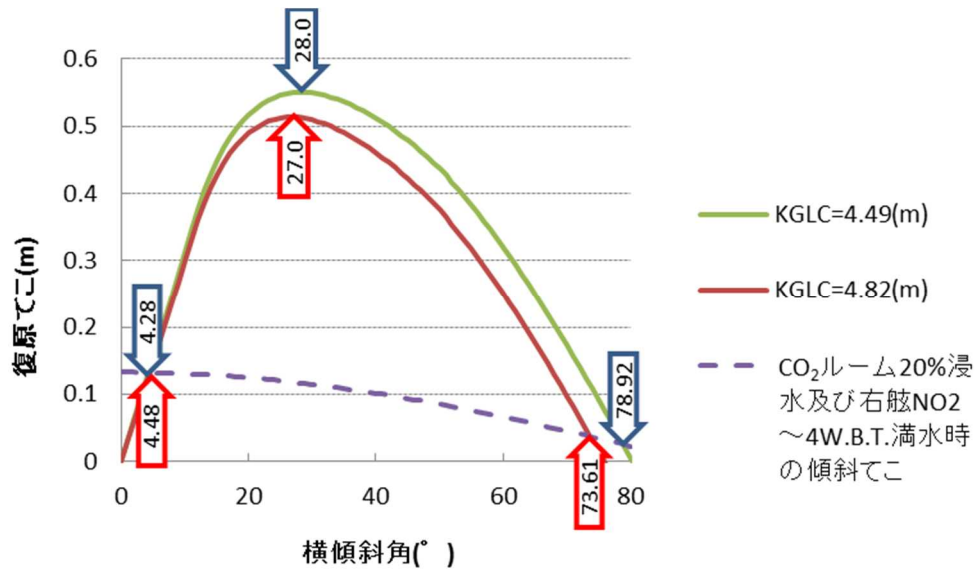


図5 復原力曲線等(CO<sub>2</sub> ルーム 20%浸水及び右舷 NO<sub>2</sub>~4W.B.T.満水)

### 3. 2. 3 CO<sub>2</sub> ルームに 76%の浸水及び右舷 NO<sub>2</sub>~NO<sub>4</sub>W.B.T.が満水となった状態

調査によれば CO<sub>2</sub> ルームの天井下 50cm への浸水状態が確認されているが、この状態での CO<sub>2</sub> ルームへの浸水量は容積の 76%に相当する。この CO<sub>2</sub> ルームに 76% (50.1t) の浸水に加え、右舷側の NO<sub>2</sub>~4W.B.T.が満水となった状態についての船の姿勢等を表 9 に、復原力曲線等を図 6 に示す。横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 5.7°、KGLC=4.82(m)で約 6.0° である。

表 9 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub> ルーム 76%浸水及び右舷 NO<sub>2</sub>~4W.B.T.満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.57	
船尾喫水(m)	5.38	
平均喫水(m)	5.48	
排水量(t)	4620.19	
重心高さ(m)	3.62	3.70
メタセンタ高さ(m)	1.74	1.66
横傾斜角(°)	5.71	5.97
横傾斜モーメントレバー(m)	0.17	0.17

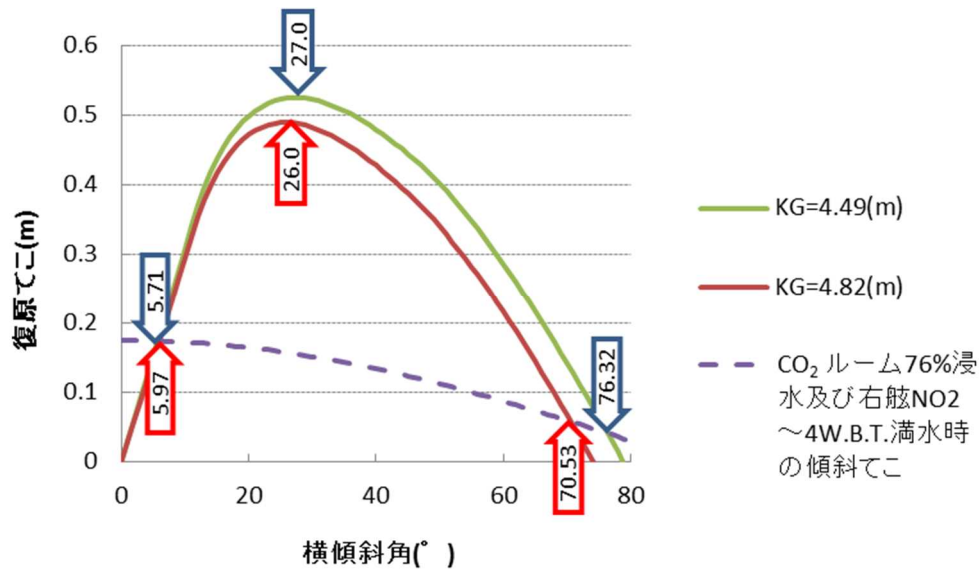


図6 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルーム 76%浸水及び右舷 NO<sub>2</sub>~4W.B.T.満水)

### 3. 2. 4 CO<sub>2</sub> ルーム及び NO<sub>2</sub>~NO<sub>4</sub>W.B.T.が満水となった状態

CO<sub>2</sub> ルームの満水 (65.9t) に加え、右舷側の NO<sub>2</sub>~4W.B.T.が満水となった状態についての船の姿勢等を表 10 に、復原力曲線等を図 7 に示す。横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 6.3°、KGLC=4.82(m)で約 6.6° である。

表 10 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub> ルーム及び右舷 NO<sub>2</sub>~4W.B.T.満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.64	
船尾喫水(m)	5.35	
平均喫水(m)	5.49	
排水量(t)	4635.70	
重心高さ(m)	3.63	3.71
メタセンタ高さ(m)	1.73	1.65
横傾斜角(°)	6.31	6.61
横傾斜モーメントレバー(m)	0.19	0.19

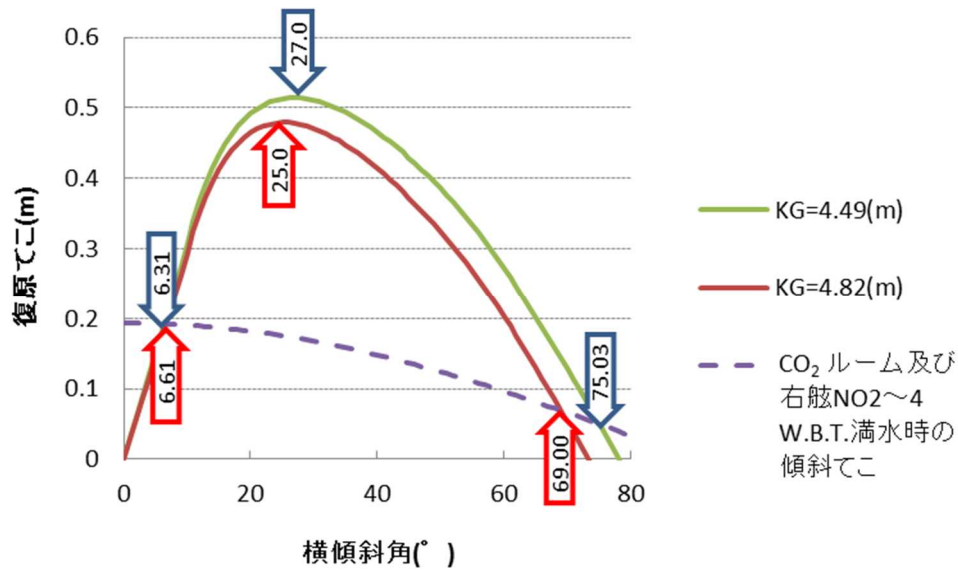


図7 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルーム及び右舷 NO2~4W.B.T.満水)

### 3.3 CO<sub>2</sub> ルーム及び右舷空所 (VOID スペース) への浸水

ここでは、CO<sub>2</sub> ルーム及び CO<sub>2</sub> ルームに隣接した 1 番貨物倉右舷上部の NO1 VOID スペース及びそれに隣接した 2 番貨物倉右舷上部の NO2VOID スペースへの浸水を想定し、次の 4 ケースの船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。

#### 3.3.1 右舷 NO1&2VOID スペースに 60%浸水した状態

CO<sub>2</sub> ルームへの浸水はなく、CO<sub>2</sub> ルームに隣接した NO1 VOID スペース及びそれに隣接した NO2VOID スペースにそれぞれ 60%浸水したと仮定して、船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。それぞれの VOID スペースの 60%の浸水量は、NO1VOID スペースで 43.8t、NO2VOID スペースで 55.2t である。この状態における船の姿勢等を表 11 に、復原力曲線等を図 8 に示す。横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 4.6°、KGLC=4.82(m)で約 4.8° であり、調査で判明している本船の横傾斜角 (4~5°) とほぼ一致する。

表 11 船の姿勢等 (右舷 NO1&2VOID スペース 60%浸水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.34	
船尾喫水(m)	5.37	
平均喫水(m)	5.35	
排水量(t)	4504.85	
重心高さ(m)	3.74	3.82
メタセンタ高さ(m)	1.49	1.34
横傾斜角(°)	4.57	4.83
横傾斜モーメントレバー(m)	0.12	0.12

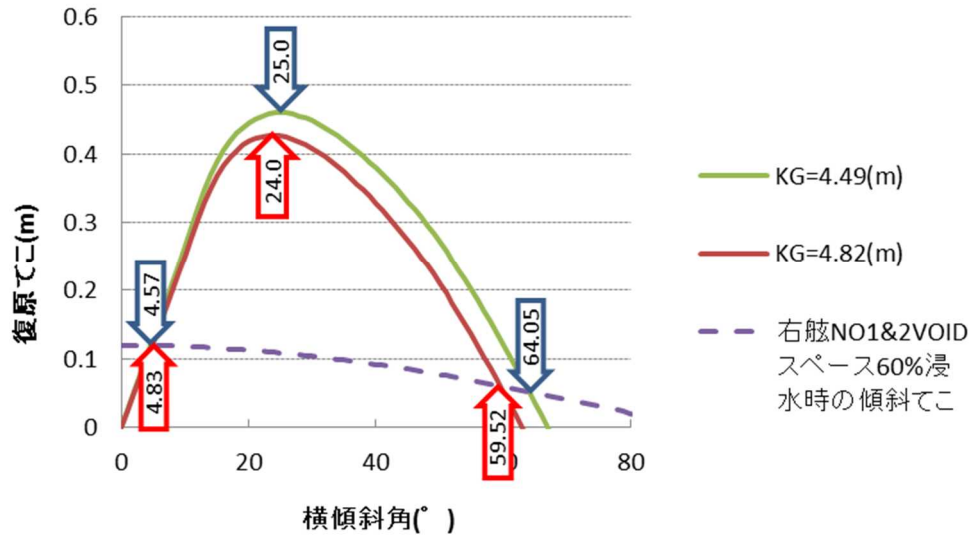


図8 復原力曲線等 (右舷 NO1&2VOID スペース 60%浸水)

### 3. 3. 2 CO<sub>2</sub>ルームに20%の浸水及び右舷 NO1&2VOID スペースが満水となった状態

CO<sub>2</sub>ルームに20% (13.2t) の浸水及び右舷 NO1&2VOID スペースが満水となった状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。それぞれの VOID スペースが満水となる浸水量は、NO1VOID スペースで 72.9t、NO2VOID スペースで 92.0t である。この状態における船の姿勢等を表 12 に、復原力曲線等を図 9 に示す。横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 8.1°、KGLC=4.82(m)で約 8.6° であり、調査で判明している本船の横傾斜角 (7~10°) とほぼ一致する。

表 12 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub>ルーム 20%浸水及び右舷 NO1&2VOID スペース満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.48	
船尾喫水(m)	5.39	
平均喫水(m)	5.43	
排水量(t)	4582.24	
重心高さ(m)	3.78	3.86
メタセンタ高さ(m)	1.46	1.38
横傾斜角(°)	8.11	8.55
横傾斜モーメントレバー(m)	0.21	0.21



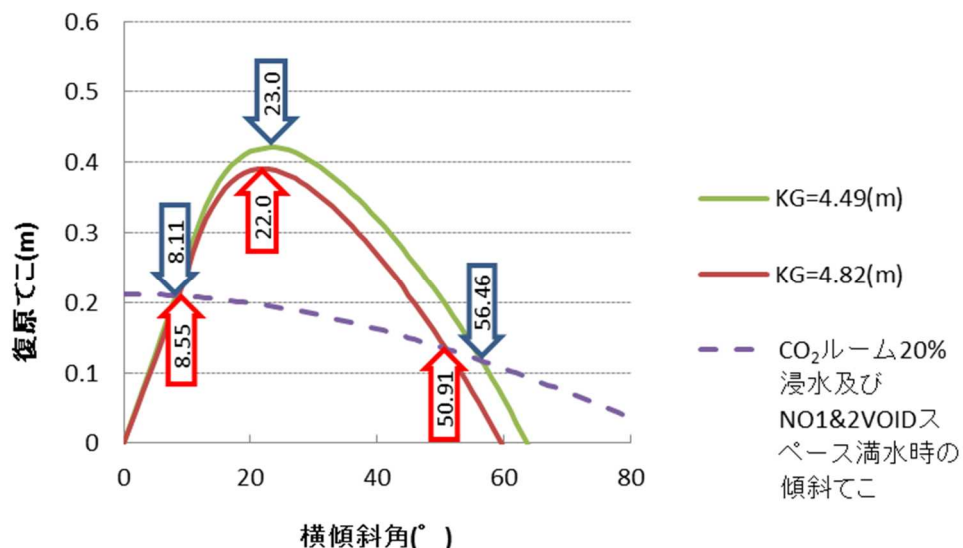


図9 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルーム 20%浸水及び NO1&2VOID スペース満水)

### 3. 3. 3 CO<sub>2</sub> ルームに 76%浸水及び右舷 NO1&2VOID スペースが満水となった状態

調査によると、CO<sub>2</sub> ルームの天井下 50cm まで浸水していたとのことであり、CO<sub>2</sub> ルーム天井下 50cm までの浸水は、CO<sub>2</sub> ルームの容積の約 76%に相当する。従って、ここでは、CO<sub>2</sub> ルームに 76% (50.1t) 浸水及び右舷 NO1&2VOID スペースに満水 (72.9t、92.0t) となった状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。この状態における船の姿勢等を表 13 に、復原力曲線等を図 10 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 9.7°、KGLC=4.82(m)で約 10.2°であり、調査で判明している本船の横傾斜角 (7~10°) とほぼ一致する。

表 13 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub> ルーム 76%浸水及び右舷 NO1&2VOID スペース満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.63	
船尾喫水(m)	5.32	
平均喫水(m)	5.48	
排水量(t)	4620.06	
重心高さ(m)	3.79	3.87
メタセンタ高さ(m)	1.45	1.37
横傾斜角(°)	9.68	10.20
横傾斜モーメントレバー(m)	0.25	0.25

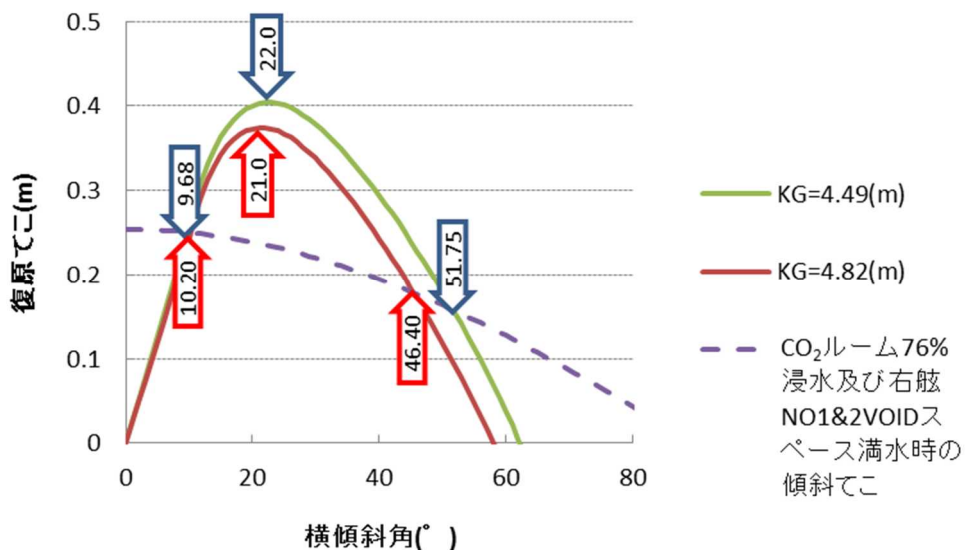


図 10 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub>ルーム 76%浸水及び右舷 NO1&2VOID スペース満水)

### 3. 3. 4 CO<sub>2</sub>ルーム及び右舷 NO1&2VOID スペースが満水となった状態

CO<sub>2</sub>ルームが満水 (65.9t) となり、更に右舷 NO1&2VOID スペースが満水 (72.9t、92.0t) となった状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。この状態における船の姿勢等を表 14 に、復原力曲線等を図 11 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で 10.4°、KGLC=4.82(m)で 11.2° であり、調査で判明している本船の横傾斜角 (7~10°) とほぼ一致する。

表 14 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub>ルーム及び右舷 NO1&2VOID スペース満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.70	
船尾喫水(m)	5.29	
平均喫水(m)	5.50	
排水量(t)	4635.58	
重心高さ(m)	3.80	3.91
メタセンタ高さ(m)	1.45	1.34
横傾斜角(°)	10.38	11.20
横傾斜モーメントレバー(m)	0.27	0.27

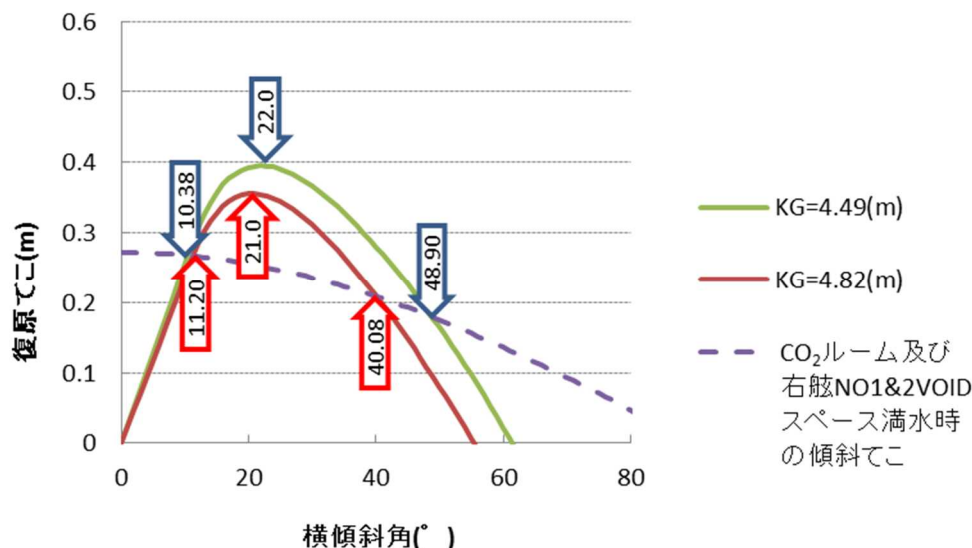


図 11 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルーム及び右舷 NO1&2VOID スペース満水)

### 3. 4 CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO2~4 W.B.T.及び NO1&2VOID スペースが満水となった状態

CO<sub>2</sub> ルームが満水 (65.9t) で、NO2~4W.B.T.も満水 (浸水量は、それぞれ 60.3t、58.4t、84.2t)、加えて右舷 NO1&2VOID スペースも満水 (72.9t、92.0t) となった状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。この状態における船の姿勢等を表 15 に、復原力曲線等を図 12 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で 13.1°、KGLC=4.82(m)で 14.4° である。復原てこが最大となる傾斜角での残存復原てこは KGLC=4.49(m)で 0.09m、KGLC=4.82(m)で 0.05m に相当し、僅かな横傾斜モーメントが作用することにより転覆すると推測できる。

表 15 船の姿勢等(CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO2~4W.B.T. 及び NO1&2VOID スペース満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.87	
船尾喫水(m)	5.46	
平均喫水(m)	5.67	
排水量(t)	4800.74	
重心高さ(m)	3.69	3.77
メタセンタ高さ(m)	1.70	1.62
横傾斜角(°)	13.11	14.36
横傾斜モーメントレバー(m)	0.36	0.36

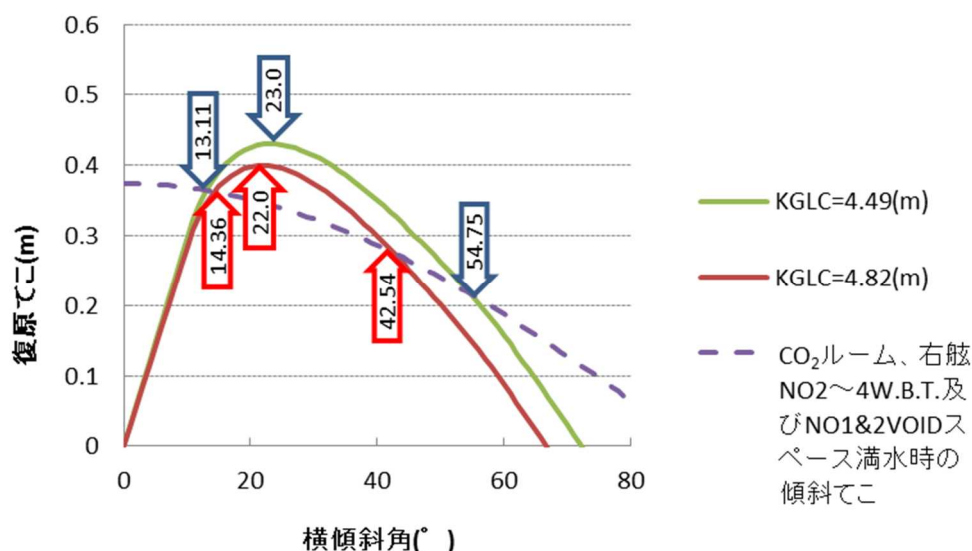


図 12 復原力曲線等(CO<sub>2</sub>ルーム、右舷 NO<sub>2</sub>~4W.B.T.及び NO<sub>1</sub>&2VOID スペース満水)

### 3. 5 CO<sub>2</sub>ルーム、右舷 NO<sub>1</sub>&2VOID スペース、NO<sub>2</sub>~4W.B.T.に満水、及び貨物の傾斜角が 5° となった状態

貨物（スクラップ）の性状については多様であるため、ここでは貨物に圧縮性はなく、ある程度の船体傾斜が生じれば、移動すると仮定して解析を行った。また、半載の 1 番貨物倉の貨物のみが移動し、満載の 2 番貨物倉の貨物は移動しないものと仮定した。この仮定を基にタンクへの浸水及び貨物の移動の両方を想定して船の姿勢や残存復原力の推定を行った。当然ながら浸水を仮定したタンクは満水でない限り自由水の影響を考慮している。

調査により判明している横傾斜角約 18° を再現するため、前述の 3. 4 の状態に加えて貨物が移動して貨物の傾斜角が 5° となった状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。貨物の傾斜角 5° は、貨物重心の横移動距離 0.35m に相当する。この状態における船の姿勢等を表 16 に、復原力曲線等を図 13 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で 18.3° であり、残存復原力は極めて小さく、最大復原力レバーで約 0.03m に相当し、転覆を避けられない状況であったと推測できる。KGLC=4.82(m)の場合は、復原力曲線と横傾斜モーメントレバーの交点の横傾斜角が求まらず、転覆する状況である。

表 16 船の姿勢等(CO<sub>2</sub>ルーム、右舷 NO<sub>2</sub>~4W.B.T.、NO<sub>1</sub>&2VOID スペース満水及び貨物の傾斜角 5° (貨物重心横移動距離 0.35m))

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.87	
船尾喫水(m)	5.46	
平均喫水(m)	5.67	
排水量(t)	4800.74	
重心高さ(m)	3.69	3.77
メタセンタ高さ(m)	1.70	1.62
横傾斜角(°)	18.27	-
横傾斜モーメントレバー(m)	0.42	-

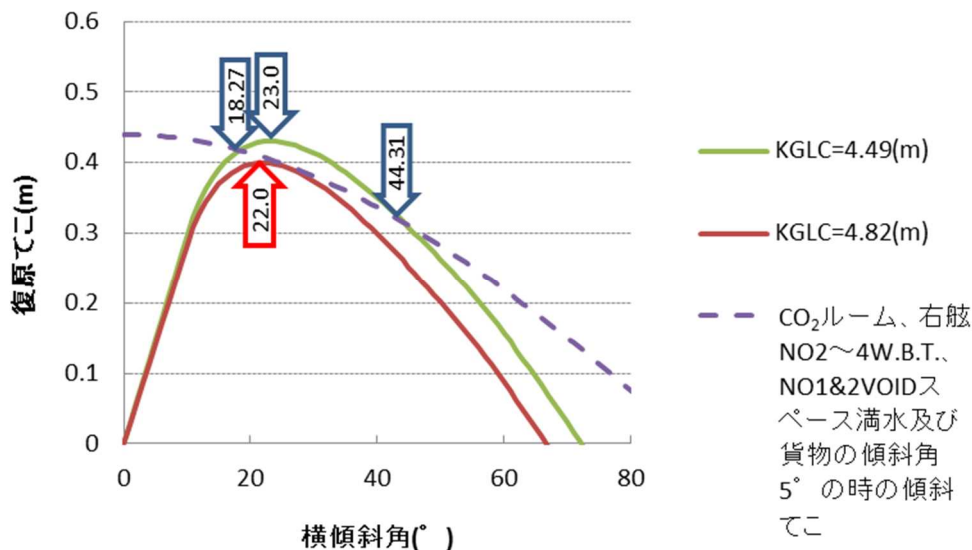


図 13 復原力曲線等(CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO<sub>2</sub>~4W.B.T.、NO<sub>1</sub>&2VOID スペース満水及び貨物の傾斜角 5° (貨物重心横移動距離 0.35m))

### 3. 6 CO<sub>2</sub> ルームに満水及び 1 番貨物倉に 3.5% 浸水した状態

CO<sub>2</sub> ルームの満水に加えて 1 番貨物倉に 3.5% 浸水した状態(浸水量 : 50.4 t)についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。運輸安全委員会からの提示に従い、1 番貨物倉における海水の占有率を 83.2% (貨物の占有率 16.8%) とし、浸水した海水の比重を  $1.025 \times 0.832 = 0.853$  とし、貨物倉に薄く一様に分布すると仮定した。1 番貨物倉の貨物 900t は移動しないものとし、海水は自由水の影響が有ると仮定している。この状態における船の姿勢等を表 17 に、復原力曲線等を図 14 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 5.8°、KGLC=4.82(m)で約 6.5° であり、自由水の影響が極めて大きく、これまでに述べてきた他の推定状態と比べても G<sub>0</sub>M や残存復原力も極めて小さくなり、横傾斜が増大して 17° を超えると、調査により判明している 18° を超える横傾斜角の状況と異なり短時間での転覆が考えられる。

表 17 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub> ルーム満水及び 1 番貨物倉 3.5% 浸水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.60	
船尾喫水(m)	5.16	
平均喫水(m)	5.38	
排水量(t)	4520.90	
重心高さ(m)	3.71	3.78
メタセンタ高さ(m)	0.78	0.69
横傾斜角(°)	5.82	6.53
横傾斜モーメントレバー(m)	0.08	0.08

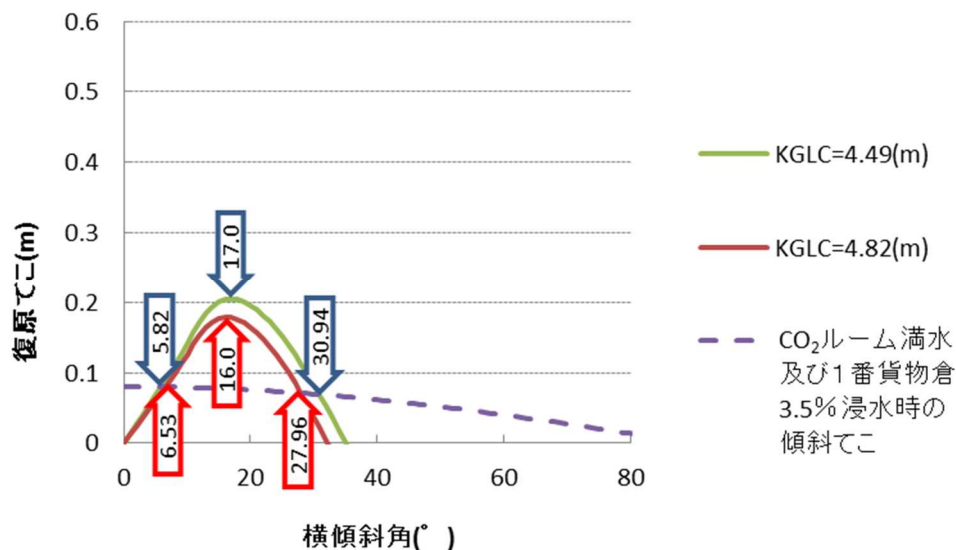


図 14 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub>ルーム満水及び1番貨物倉 3.5%浸水)

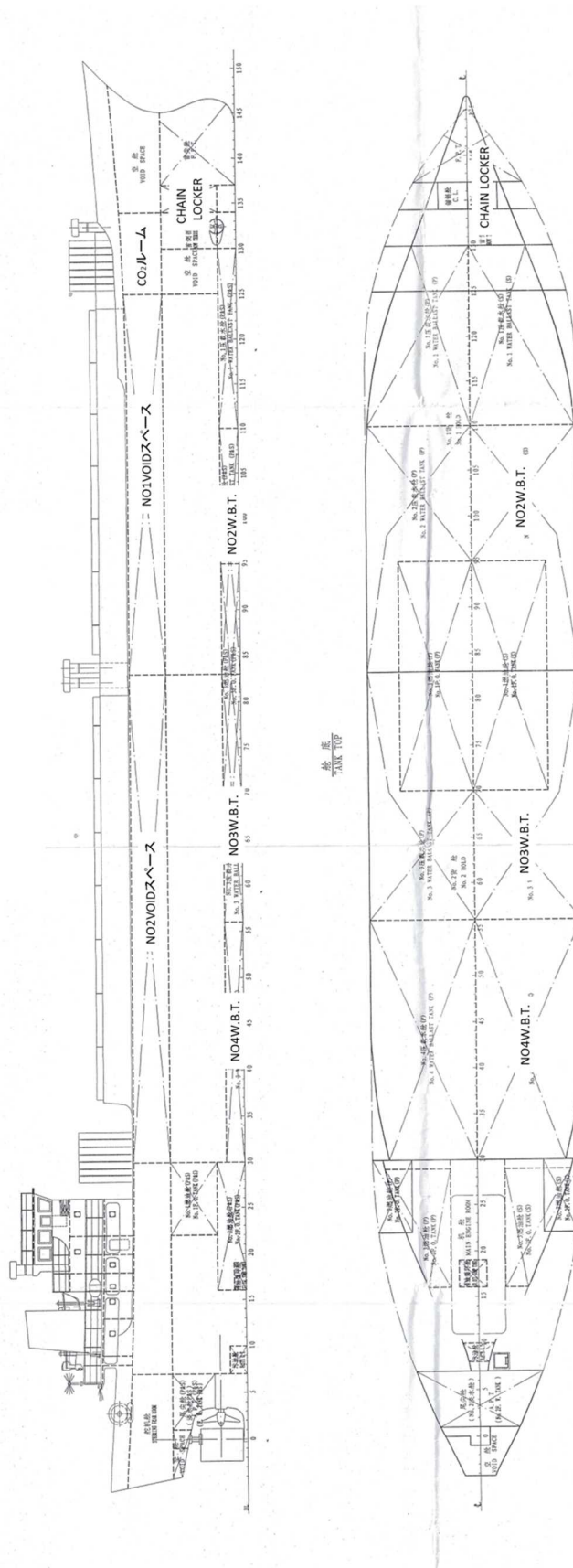
#### 4. まとめ

本船の沈没事故調査に資するため、沈没に至るいくつかの状況での船の姿勢、横傾斜角及び残存復原力の推定を行った。まず、基礎となる出港状態を推定するために、本船改造前の類似のガット船のデータから軽荷状態の重心高さ  $KG$  を2種類推定した。そしてこの2種類の  $KG$  を基に決定した出港状態に対して、種々の状態における船の姿勢、横傾斜角及び残存復原力を推定した。

その結果、仮定した浸水及び貨物の移動の状況は、貨物倉の浸水を除き、いずれも調査により判明している横傾斜角等の状況を満足していると考えられる。即ち、横傾斜角  $4\sim 5^\circ$  の状態に対しては3. 2. 1～3. 2. 2項および3. 3. 1項、横傾斜角  $7\sim 10^\circ$  の状態では3. 3. 2～3. 3. 4項、横傾斜角約  $10^\circ$  を超える状態では3. 4節、また横傾斜角  $18^\circ$  の状態では3. 5節で説明できると考えられる。

付録1 浸水を想定した区画

ここでは、本報告で検討した浸水区画を図 A-0 に示す。



図A-0 浸水を想定した区画

## 付録2 予備検討結果

ここでは、本文に記載した推定以外に検討を行った種々の浸水状態等における船の姿勢及び残存復原力の推定結果について記す。

### A1 CO<sub>2</sub> ルーム及び右舷チェーンロッカーに満水となった状態

CO<sub>2</sub> ルームに加えて右舷チェーンロッカーに浸水して満水となった状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。チェーンロッカーの浸水量 (10.4t) は、チェーンロッカーの容積からチェーンの体積(運輸安全委員会からの提示に従い、10 シャックルに対して 1.47m<sup>3</sup>とした)を差し引いて求めた。ただし、チェーンロッカーについては自由水の影響は考慮していない。この状態における船の姿勢等を表 A1 に、復原力曲線等を図 A1 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 3.2°、KGLC=4.82(m)で約 3.4° である。

表 A1 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub> ルーム及び右舷チェーンロッカー満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.50	
船尾喫水(m)	5.17	
平均喫水(m)	5.33	
排水量(t)	4481.76	
重心高さ(m)	3.73	3.82
メタセンタ高さ(m)	1.49	1.40
横傾斜角(°)	3.19	3.40
横傾斜モーメントレバー(m)	0.08	0.08

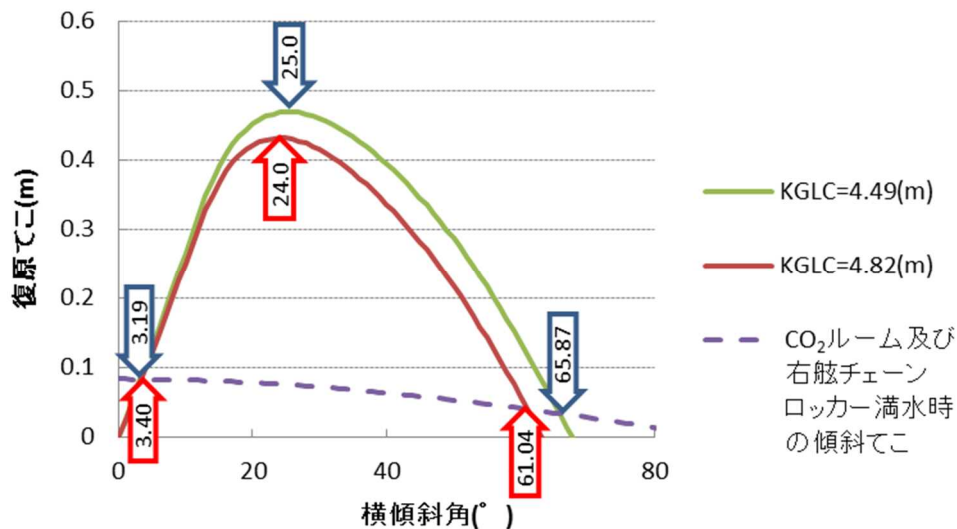


図 A1 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルーム及び右舷チェーンロッカー満水)

### A2 CO<sub>2</sub> ルーム及び右舷 NO1VOID スペースに満水となった状態

CO<sub>2</sub> ルームに加えて右舷 NO1VOID スペースに浸水して満水 (浸水量 : 72.9 t) となった状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。この状態における船の姿勢等を表 A2 に、復原力曲線等を図 A2 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 6.5°、KGLC=4.82(m)で約 6.8° である。



表 A2 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub>ルーム及び右舷 NO1VOID スペース満水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.66	
船尾喫水(m)	5.15	
平均喫水(m)	5.40	
排水量(t)	4542.86	
重心高さ(m)	3.77	3.85
メタセンタ高さ(m)	1.46	1.38
横傾斜角(°)	6.47	6.83
横傾斜モーメントレバー(m)	0.17	0.17

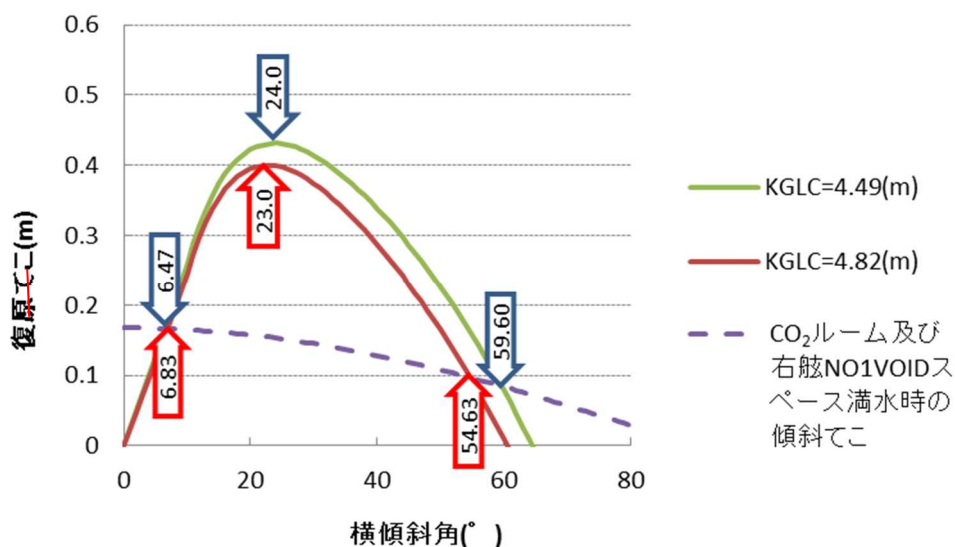


図 A2 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub>ルーム及び右舷 NO1VOID スペース満水)

### A3 CO<sub>2</sub>ルームに満水及び右舷 NO3 W.B.T.に 86%浸水した状態

CO<sub>2</sub>ルーム (満水) に加えて右舷 NO3 W.B.T.に 86% (50t) 浸水した状態についての船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。この状態における船の姿勢等を表 A3 に、復原力曲線等を図 A3 に示す。W.B.T.のうち NO3 W.B.T.のみが空で自由水の影響がないタンクであり、横傾斜角を増加させるため、満水に近く、かつ、自由水の影響が残る程度の浸水状態と仮定した。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 4.5°、KGLC=4.82(m)で約 4.8° である。

表 A3 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub>ルーム満水及び右舷 NO3 W.B.T. 86%浸水)

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.50	
船尾喫水(m)	5.25	
平均喫水(m)	5.37	
排水量(t)	4520.84	
重心高さ(m)	3.70	3.79
メタセンタ高さ(m)	1.48	1.39
横傾斜角(°)	4.54	4.83
横傾斜モーメントレバー(m)	0.12	0.12

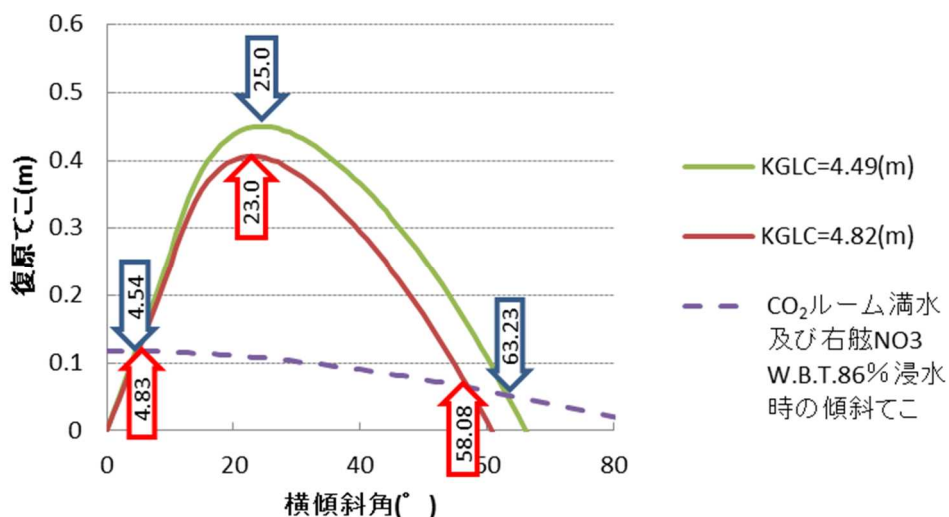


図 A3 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルーム満水及び右舷 NO3W.B.T.86%浸水)

#### A4 右舷 NO1&2VOID スペースに 30%浸水及び貨物の傾斜角が 4° となった状態

右舷 NO1&2VOID スペースの 30%浸水 (21.9t、27.6t) に加えて 1 番貨物倉の貨物が移動 (貨物傾斜角 4°) したとして、船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。貨物の傾斜角 4° は、貨物重心の横移動距離 0.30m に相当する。この状態における船の姿勢等を表 A4 に、復原力曲線等を図 A4 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 4.6°、KGLC=4.82(m)で約 4.8° であり、調査により判明している本船の横傾斜角 (4~5°) とほぼ一致する。

表 A4 船の姿勢等(右舷 NO1&2VOID スペース 30%浸水及び貨物の傾斜角 4° (貨物重心横移動距離 0.30m))

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.27	
船尾喫水(m)	5.33	
平均喫水(m)	5.30	
排水量(t)	4456.36	
重心高さ(m)	3.72	3.80
メタセンタ高さ(m)	1.50	1.42
横傾斜角(°)	4.56	4.78
横傾斜モーメントレバー(m)	0.12	0.12

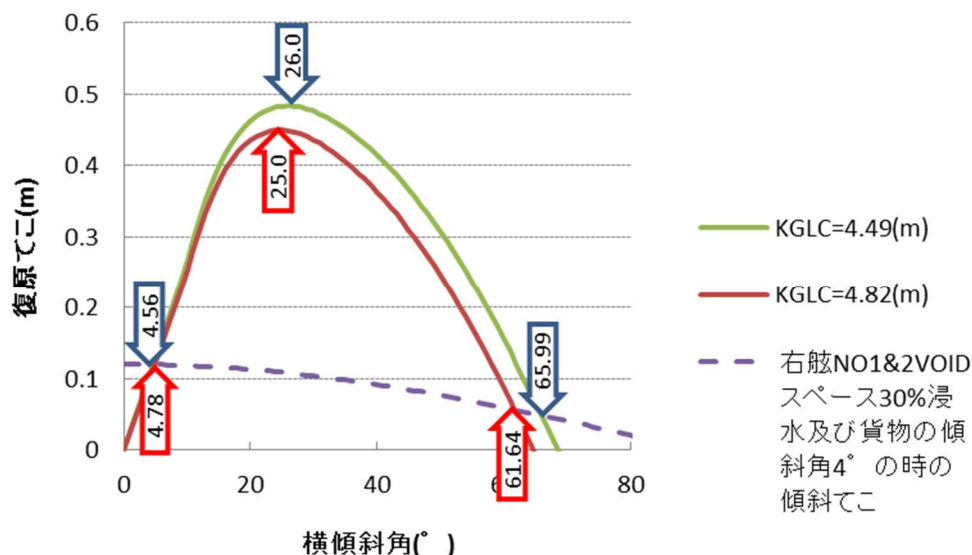


図 A4 復原力曲線等(右舷 NO1&2VOID スペース 30%浸水及び貨物の傾斜角 4° (貨物重心横移動距離 0.30m))

**A5 CO<sub>2</sub>ルームに 20%、右舷 NO1&2VOID スペースに 40%浸水及び貨物の傾斜角が 7° となった状態**

CO<sub>2</sub>ルームの 20%浸水 (13.2t) 及び右舷 NO1&2VOID スペースの 40%浸水 (29.2t、36.8t) に加えて 1 番貨物倉の貨物が移動 (貨物傾斜角 7°) したとして、船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。貨物の傾斜角 7° は、貨物重心の横移動距離 0.47m に相当する。この状態における船の姿勢等を表 A5 に、復原力曲線等を図 A5 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 7.2°、KGLC=4.82(m)で約 7.5° であり、調査により判明している本船の横傾斜角 (7~10°) とほぼ一致する。

表 A5 船の姿勢等(CO<sub>2</sub>ルーム 20%、右舷 NO1&2VOID スペース 40%浸水及び貨物の傾斜角 7° (貨物重心横移動距離 0.47m))

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.35	
船尾喫水(m)	5.32	
平均喫水(m)	5.33	
排水量(t)	4485.28	
重心高さ(m)	3.73	3.81
メタセンタ高さ(m)	1.49	1.42
横傾斜角(°)	7.22	7.49
横傾斜モーメントレバー(m)	0.19	0.19

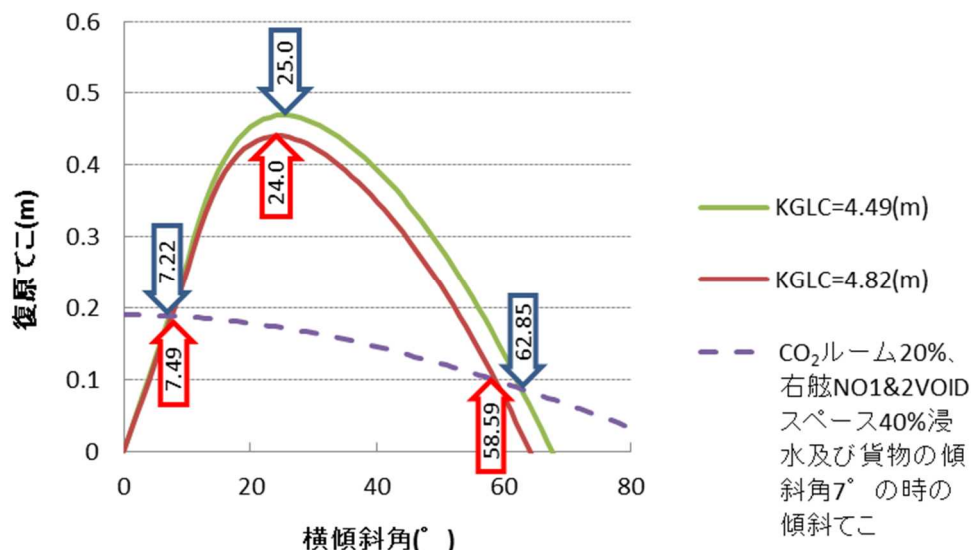


図 A5 復原力曲線等(CO<sub>2</sub> ルーム 20%、右舷 NO1&2VOID スペース 40%浸水及び貨物の傾斜角 7° (貨物重心横移動距離 0.47m))

**A6 CO<sub>2</sub> ルームに 76%、右舷 NO1&2VOID スペースに 50%浸水及び貨物の傾斜角が 10° となった状態**

CO<sub>2</sub> ルームの 76%浸水 (50.1t) 及び右舷 NO1&2VOID スペースの 50%浸水 (36.5 t、46.0t) に加えて 1 番貨物倉の貨物が移動 (貨物傾斜角 10°) したとして、船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。貨物の傾斜角 10° は、貨物重心の横移動距離 0.64m に相当する。この状態における船の姿勢等を表 A6 に、復原力曲線等を図 A6 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 10.7°、KGLC=4.82(m)で約 11.2° である。

表 A6 船の姿勢等(CO<sub>2</sub> ルームに 76%、右舷 NO1&2VOID スペースに 50%浸水及び貨物の傾斜角 10° (貨物重心横移動距離 0.64m))

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.51	
船尾喫水(m)	5.27	
平均喫水(m)	5.39	
排水量(t)	4537.20	
重心高さ(m)	3.75	3.83
メタセンタ高さ(m)	1.48	1.40
横傾斜角(°)	10.69	11.24
横傾斜モーメントレバー(m)	0.28	0.28

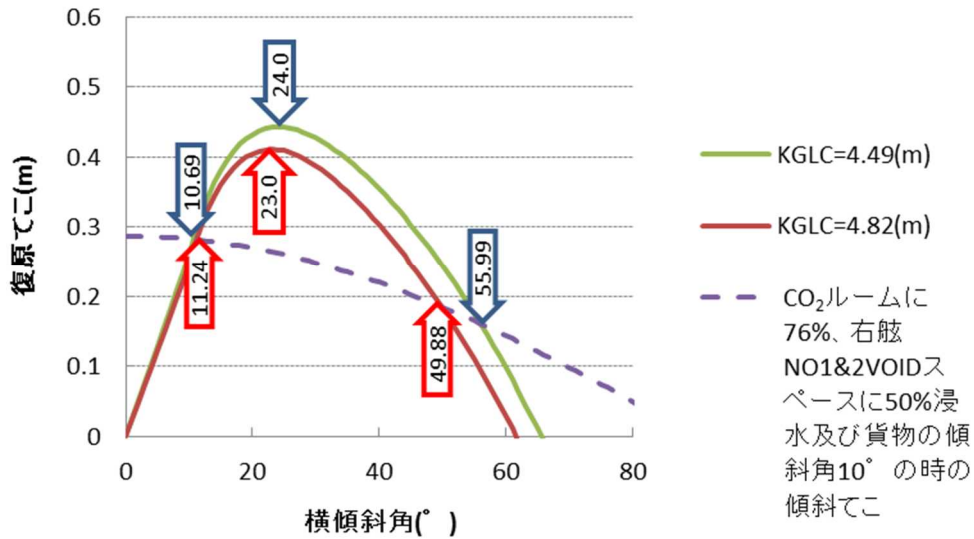


図 A6 復原力曲線等(CO<sub>2</sub>ルームに 76%、右舷 NO1&2VOID スペースに 50%浸水及び貨物の傾斜角 10° (貨物重心横移動距離 0.64m))

#### A7 CO<sub>2</sub>ルーム及び右舷 NO1&2VOID スペースに 76%浸水及び貨物の傾斜角が 18° となった状態

CO<sub>2</sub>ルームの 76%浸水 (50.1t) 及び右舷 NO1&2VOID スペースの 76%浸水 (55.4t、69.9t) に加えて 1 番貨物倉の貨物が移動 (貨物傾斜角 18°) したとして、船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。貨物の傾斜角 18° は、貨物重心の横移動距離 1.11m に相当する。この状態における船の姿勢等を表 A7 に、復原力曲線等を図 A7 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 18.2° で、残存復原力は極めて減少し、0.02m 程度の横傾斜モーメントに相当する外力が加わるだけで転覆すると推測できる。KGLC=4.82(m)では、復原力不足で復原力曲線と横傾斜モーメントレバーの交点の横傾斜角が求まらなかった。

表 A7 船の姿勢等(CO<sub>2</sub>ルーム、右舷 NO1&2VOID スペースへ 76%浸水及び貨物の傾斜角 18° (貨物重心横移動距離 1.11m))

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.57	
船尾喫水(m)	5.30	
平均喫水(m)	5.43	
排水量(t)	4579.22	
重心高さ(m)	3.77	3.85
メタセンタ高さ(m)	1.46	1.38
横傾斜角(°)	18.24	-
横傾斜モーメントレバー(m)	0.41	0.41

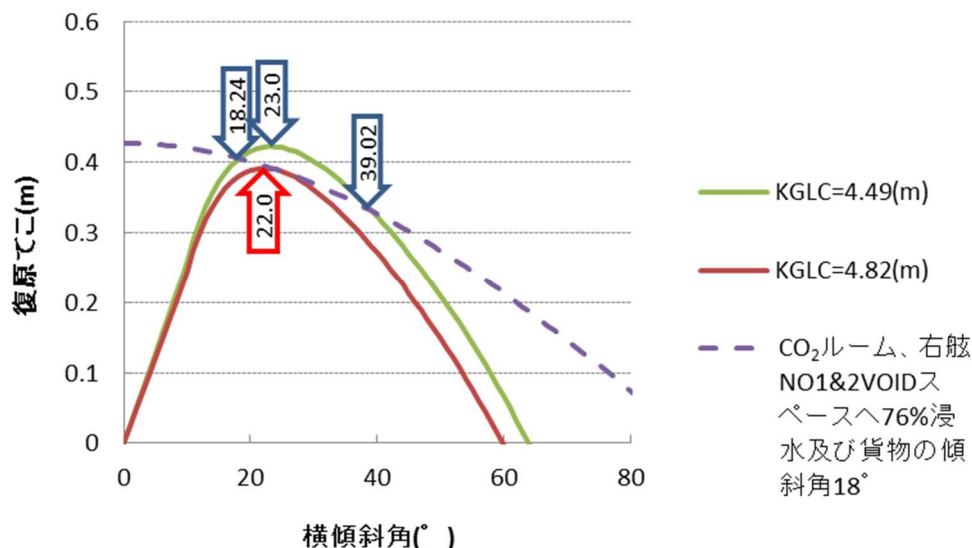


図 A7 復原力曲線等(CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO1&2VOID スペースへ 76%浸水及び貨物の傾斜角 18° (貨物重心横移動距離 1.11m))

#### A8 CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO1&2VOID スペースに満水及び貨物の傾斜角が 10° となった状態

CO<sub>2</sub> ルームの満水 (65.9t) 及び右舷 NO1&2VOID スペースの満水 (72.9t、92.0t) に加えて 1 番貨物倉の貨物が移動 (貨物傾斜角 10°) したとして、船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。貨物の傾斜角 10° は、貨物重心の横移動距離 0.64m に相当する。この状態における船の姿勢等を表 A8 に、復原力曲線等を図 A8 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m) の場合で約 17.3° であり、残存復原力は極めて少なく、0.03m 程度の横傾斜モーメントに相当する外力が加わるだけで転覆すると推測できる。KGLC=4.82(m) では、復原力不足で復原力曲線と横傾斜モーメントレバーの交点の横傾斜角が求まらなかった。

表 A8 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO1&2VOID スペース満水及び貨物の傾斜角 10° (貨物重心横移動距離 0.64m) )

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.70	
船尾喫水(m)	5.29	
平均喫水(m)	5.50	
排水量(t)	4635.58	
重心高さ(m)	3.80	3.91
メタセンタ高さ(m)	1.45	1.34
横傾斜角(°)	17.27	-
横傾斜モーメントレバー(m)	0.38	-

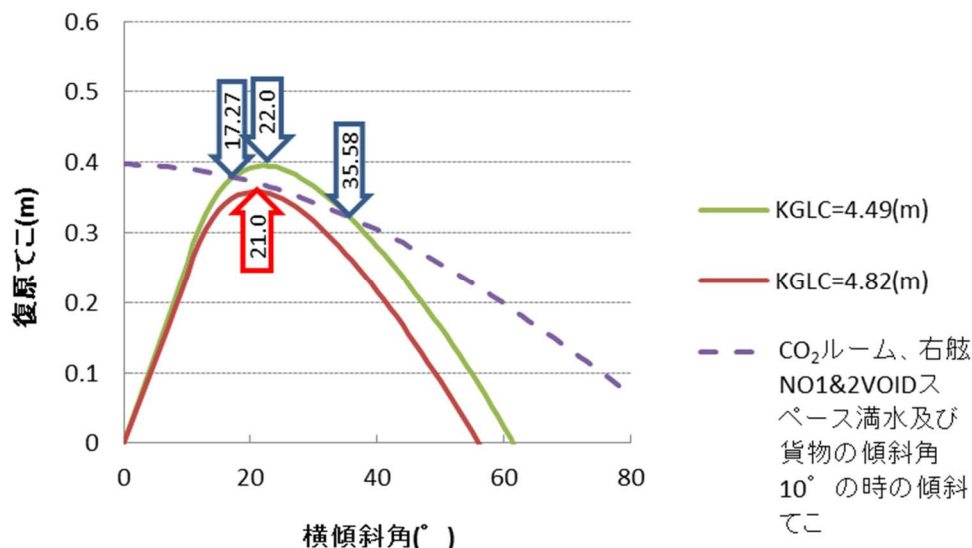


図 A8 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO1&2VOID スペース満水及び貨物の傾斜角 10° (貨物重心横移動距離 0.64m) )

**A9 CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO2&3W.B.T.、NO1&2VOID スペースに満水及び貨物の傾斜角が 5° となった状態**

CO<sub>2</sub> ルームの満水 (65.9t)、右舷 NO2&3W.B.T.の満水 (60.3t、58.4t) 及び右舷 NO1&2VOID スペースの満水 (72.9t、92.0t) に加えて 1 番貨物層の貨物が移動 (貨物傾斜角 5°) したとして、船の姿勢及び残存復原力の推定を行った。貨物の傾斜角 5° は、貨物重心の横移動距離 0.35m に相当する。この状態における船の姿勢等を表 A9 に、復原力曲線等を図 A9 に示す。この状態での横傾斜角は、KGLC=4.49(m)で約 17.8° で、残存復原力は極めて減少し、0.02m 程度の横傾斜モーメントに相当する外力が加わるだけで転覆すると考えられる。KGLC=4.82(m)には、復原力不足で復原力曲線と横傾斜モーメントレバーの交点の横傾斜角が求まらなかった。

表 A9 船の姿勢等 (CO<sub>2</sub> ルーム、右舷 NO2&3W.B.T.、NO1&2VOID スペース満水及び貨物の傾斜角 5° (貨物重心横移動距離 0.35m))

軽荷状態の重心高さ(m) (KGLC)	4.49	4.82
船首喫水(m)	5.88	
船尾喫水(m)	5.35	
平均喫水(m)	5.61	
排水量(t)	4747.88	
重心高さ(m)	3.73	3.81
メタセンタ高さ(m)	1.58	1.50
横傾斜角(°)	17.84	-
横傾斜モーメントレバー(m)	0.39	-

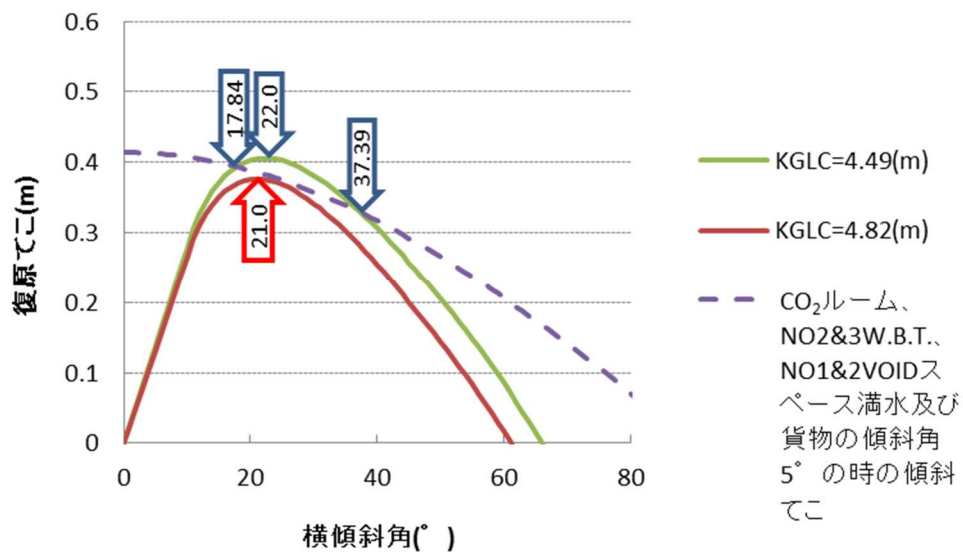


図 A9 復原力曲線等 (CO<sub>2</sub> ルーム、NO<sub>2</sub>&3W.B.T.、NO<sub>1</sub>&2VOID スペース満水及び貨物の傾斜角 5° (貨物重心横移動距離 0.35m) )